

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

Informe Tecnico No. 01474, 30 de octubre del 2020



**Informe Mensual
de Calidad del Aire
en Bogotá**

Septiembre 2020

Estación Kennedy

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



BOGOTÁ
Secretaría de Ambiente



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Claudia Nayibe López Hernández

Alcaldesa Mayor de Bogotá D.C.

Carolina Urrutia Vásquez

Secretaria Distrital de Ambiente

Julio Cesar Pulido Puerto

Subsecretario General y de Control Disciplinario

Camilo Alexander Rincón Escobar

Director de Control Ambiental

Hugo Enrique Sáenz Pulido

Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

José Hernán Garavito Calderón

Profesional Especializado de la RMCAB

Luis Álvaro Hernández González

Lider Técnico de la RMCAB

Leonardo Quiñones Cantor

Profesional Especializado del SATAB

Edison Yesid Ortíz Durán

Líder del SIMCAB

Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez

Eaking Ballesteros Urrutia

Edna Lizeth Montealegre Garzón

Jennyfer Montoya Quiroga

Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas

Henry Ospino Dávila

Luz Dary González González

Jesús Alberto Herrera Dallos

Luis Hernando Monsalve Guiza

Grupo de Operación de la RMCAB

Maria Camila Buitrago Jiménez

Profesional Especializado del SATAB

Página 2 de 42

1 INTRODUCCIÓN

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB es propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA desde el año 1997, la cual realiza el monitoreo de los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂, NO₂ CO y black carbon, y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación, solar, velocidad y dirección del viento. A continuación, se presenta el análisis de los datos registrados durante el mes de septiembre de 2020, teniendo en cuenta que se muestran los resultados que tuvieron una representatividad temporal mayor al 75% del tiempo.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones activas para el mes de septiembre de 2020, las abreviaturas de las estaciones usadas en las tablas y gráficas, y los números con los que se identifican en los mapas.

Estación	Guaymaral	Usaquén	Suba	Las Ferias	Centro de Alto Rendimiento	MinAmbiente	Móvil 7ma	Fontibón	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal-Sevillana	Tunal	San Cristóbal
Abrev.	GYR	USQ	SUB	LFR	CDAR	MAM	MOV	FTB	PTE	KEN	CSE	TUN	SCR
No. Estación	8	1	11	6	5	2	12	14	13	9	3	4	7

2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

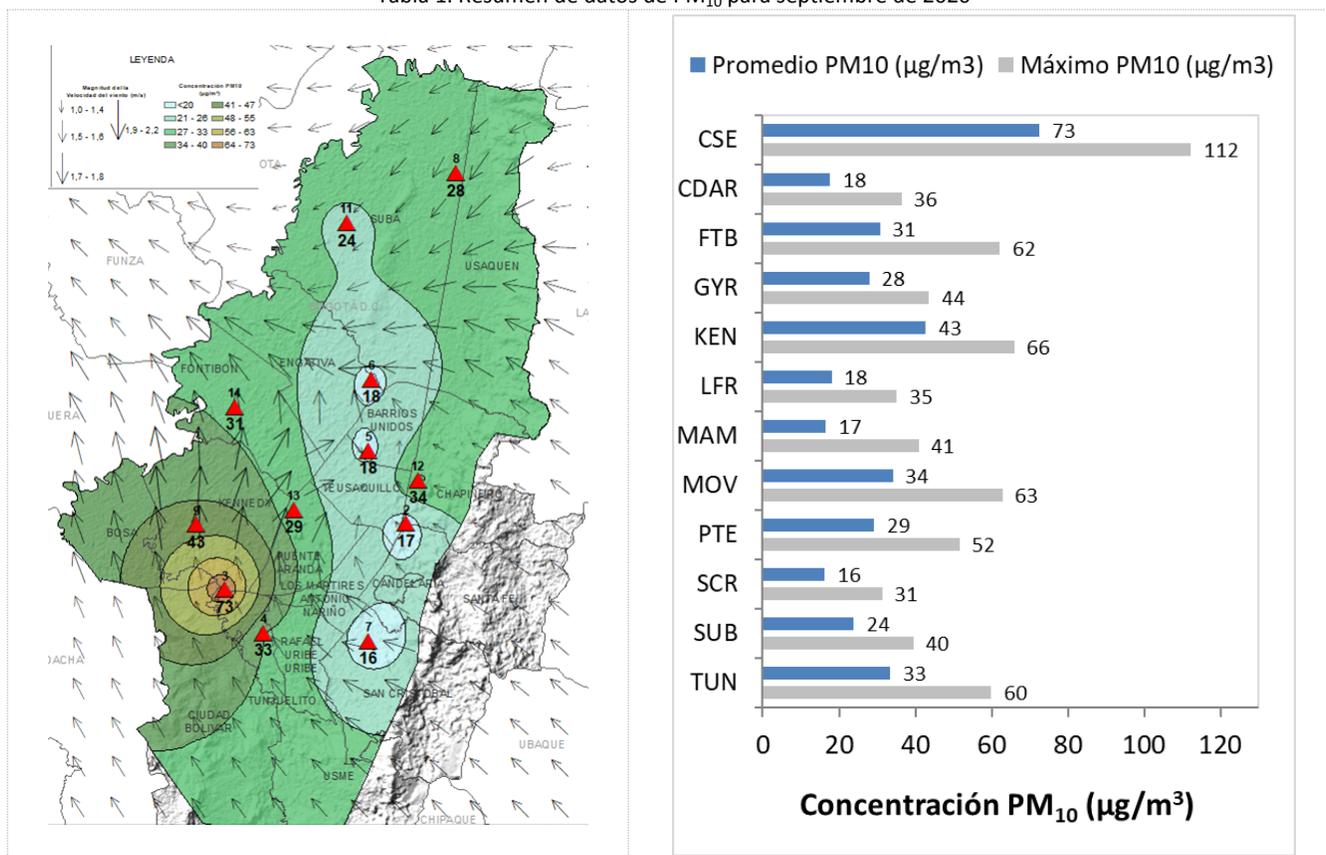
La Tabla 1 muestra los datos obtenidos para material particulado PM₁₀ en el mes de septiembre de 2020, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

En este mes, las concentraciones promedio mensual más altas se presentaron en la zona suroccidente de la ciudad en la estación Carvajal-Sevillana (**72.6 µg/m³**) y en la estación Kennedy (**42.7 µg/m³**), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona suroriental en la estación San Cristóbal (**16.3**

$\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en la zona centro estación MinAmbiente ($16.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a $112.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Carvajal-Sevillana y $65.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Kennedy; la concentración diaria máxima registrada en la estación Carvajal-Sevillana sobrepasó el nivel máximo definido por la norma nacional diaria ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Este mes se registraron mayores concentraciones de PM_{10} en relación con los meses anteriores en algunas zonas de la ciudad, lo cual puede atribuirse a la terminación de la cuarentena obligatoria y el inicio de la “nueva normalidad”, además de que la medida del pico y placa se implementó hasta la última semana del mes, por lo cual aumentó el tráfico vehicular en las mañanas y por ende el aporte de material particulado a la atmósfera.

Tabla 1. Resumen de datos de PM_{10} para septiembre de 2020



Estación	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN
Promedio PM₁₀ (µg/m³)	72,6	17,7	30,7	27,9	42,7	18,1	16,5	34,2	29,2	16,3	23,9	33,4
Máxima PM₁₀ (µg/m³)	112,2	36,4	62,1	43,6	65,9	35,1	40,9	62,9	51,6	31,3	39,5	59,8
Excedencias 24h	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Datos válidos (%)	83%	97%	100%	97%	100%	100%	93%	100%	97%	97%	87%	100%

La Figura 1 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ del mes comparadas con el valor máximo establecido por la norma nacional. De acuerdo con la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM₁₀ se presentaron en el suroccidente de la ciudad (Carvajal-Sevillana y Kennedy), principalmente en la tercera semana del mes. Las concentraciones diarias más bajas se observaron en la zona oriental (MinAmbiente y San Cristóbal), principalmente la última semana del mes. En general se mantuvieron bajas las concentraciones en las estaciones del oriente y centro de la ciudad, sin incrementos notables, mientras que en el sur y suroccidente aumentaron desde el 10 de septiembre. En este mes se registraron doce (12) excedencias de los promedios diarios de concentración en la estación Carvajal-Sevillana, las cuales sobrepasaron la norma nacional diaria de PM₁₀ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (75 µg/m³).

El monitor de PM₁₀ de la estación Usaquén no registró información durante el mes de septiembre de 2020 debido a que varios datos fueron invalidados, ya que registraba un comportamiento atípico respecto a las concentraciones de PM_{2.5}. Por otro lado, las demás estaciones registraron datos válidos de PM₁₀ en un porcentaje mayor al 75%.

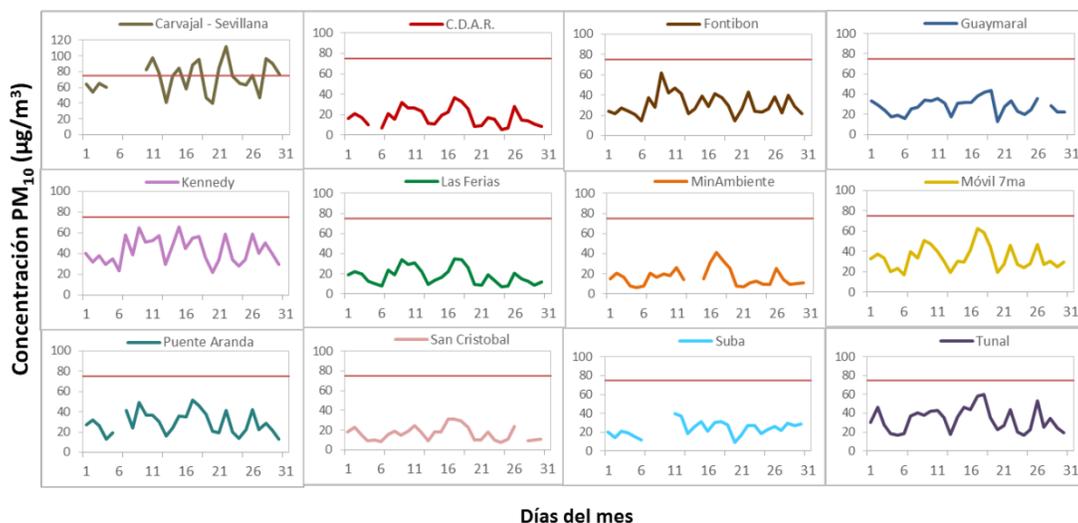


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ para septiembre de 2020

La Figura 2 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones promedio mensual de PM₁₀ para el mes de septiembre en los últimos cuatro años. Se observa que las concentraciones registradas en el 2020 en la zona suroccidente fueron más altas que las del año anterior, los registros más altos se han presentado en la estación Carvajal-Sevillana durante el año en curso (73 µg/m³).

Las mayores reducciones de concentración se observaron en las estaciones de Suba y MinAmbiente, con respecto al año 2019 (20 y 15 µg/m³ de diferencia).

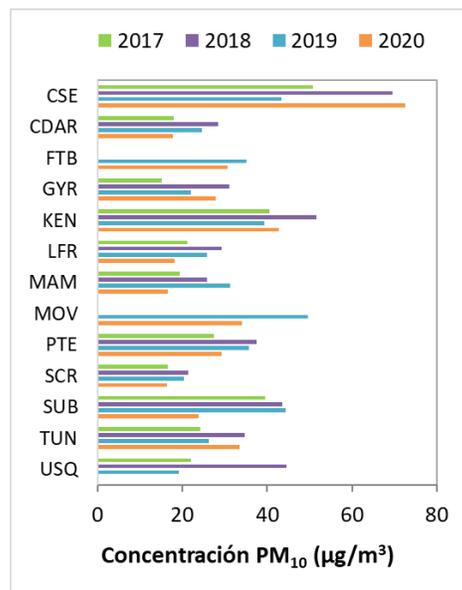


Figura 2. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ (2017-2018-2019-2020) para los meses de septiembre

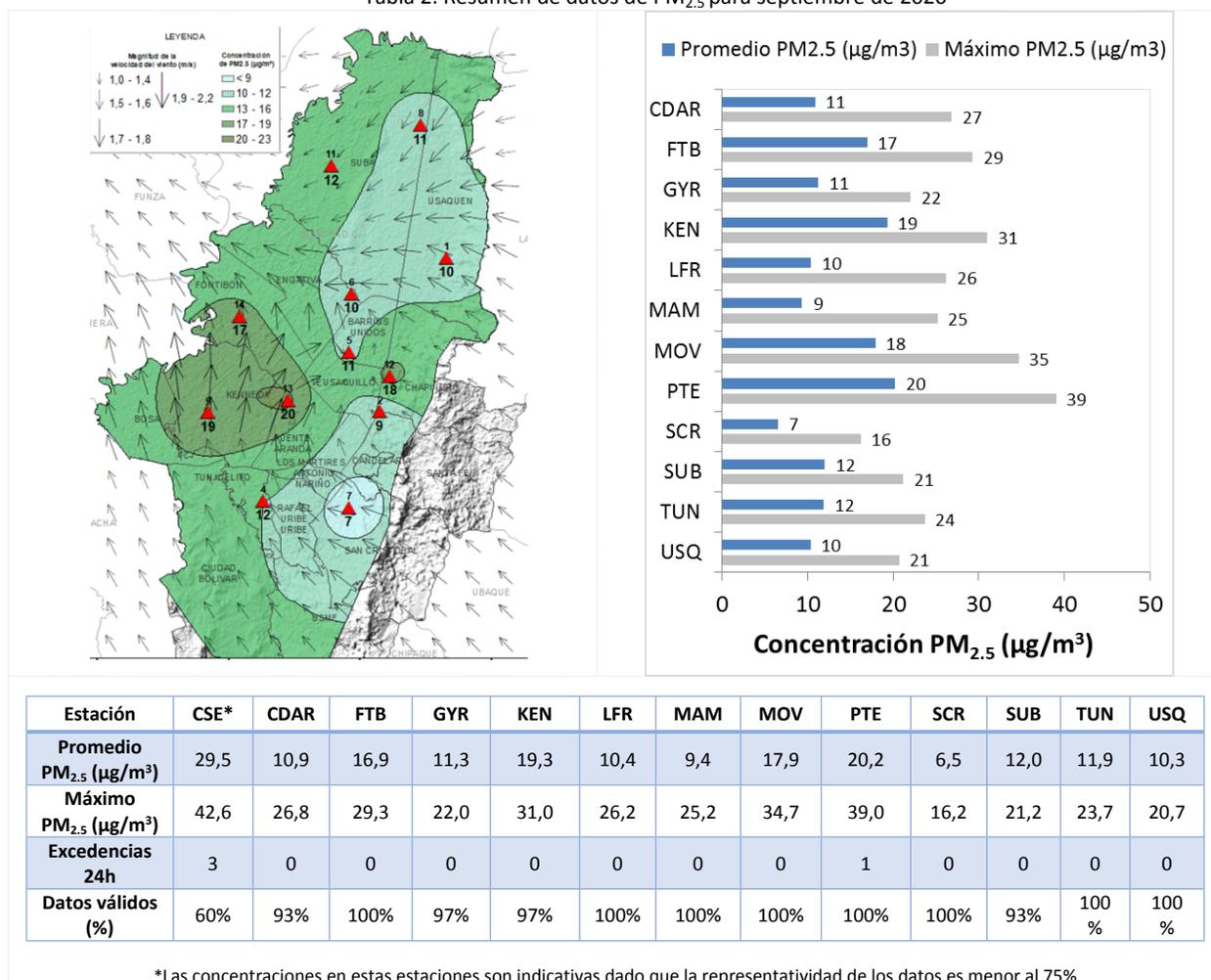
3 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE $PM_{2.5}$

La Tabla 2 muestra los datos obtenidos para material particulado $PM_{2.5}$ en el mes de septiembre de 2020, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y el porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

Se puede observar que las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad en la estación Puente Aranda con **$20.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$** y en la estación Kennedy con **$19.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$** ; mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona suroriente, en la estación San Cristóbal con **$6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$** y en el norte de la ciudad en la estación Usaquén con **$10.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . La concentración máxima diaria de $PM_{2.5}$ más alta en el mes fue de **$42.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **$39.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$** en la estación Puente Aranda; dichas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Al igual que en el caso del PM_{10} , las concentraciones de $PM_{2.5}$ aumentaron en algunas de las estaciones en relación con las registradas en los meses anteriores del año. En las estaciones del suroccidente se observaron los datos más altos, en las cuales se evidenció mayor influencia del efecto de las condiciones de reactivación de los sectores económicos de la ciudad y no reactivación del pico y placa.

Tabla 2. Resumen de datos de PM_{2.5} para septiembre de 2020



La Figura 3 presenta las concentraciones diarias de PM_{2.5} registradas en el mes de septiembre en comparación con el nivel máximo permisible establecido por la norma nacional. De acuerdo con la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM_{2.5} se presentaron en la zona suroccidente (Carvajal-Sevillana, Kennedy y Puente Aranda) principalmente entre la segunda y tercera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona suroriental y noroccidental (San Cristóbal, Suba), principalmente la tercera y cuarta semana. En septiembre de 2020 se registraron cuatro (4) excedencias de los promedios diarios de concentración tres (3) en Carvajal-Sevillana y una (1) en Puente

Aranda, las cuales sobrepasaron la norma nacional diaria de $PM_{2.5}$ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La estación de Carvajal-Sevillana obtuvo un porcentaje de datos válidos menor al 75%, debido a que registraron datos constantes a causa de terminación de la cinta filtro en la segunda semana del mes y datos atípicos en la cuarta semana, por lo cual tuvieron que ser invalidados. Por ello la concentración mensual reportada se toma como valor indicativo y no se incluye dentro del análisis.

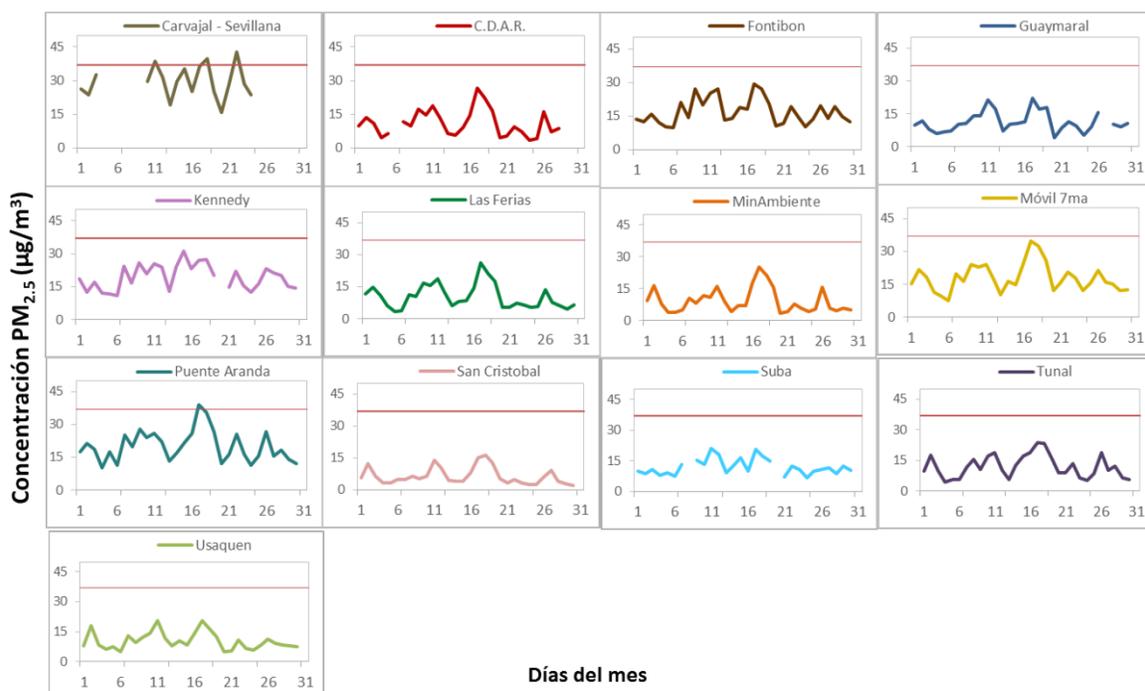


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones diarias $PM_{2.5}$ para septiembre de 2020

La Figura 4 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} para el mes de septiembre en los últimos 4 años. Se evidencia que las concentraciones del año 2020 fueron menores a las registradas en años anteriores, la mayor reducción respecto al 2019 se evidenció en Guaymaral con una diferencia de 5 µg/m³.

La estación Carvajal-Sevillana ha registrado las concentraciones más altas de la ciudad desde 2017 hasta 2019. Por otro lado, la estación San Cristóbal ha registrado los datos más bajos durante este mes.

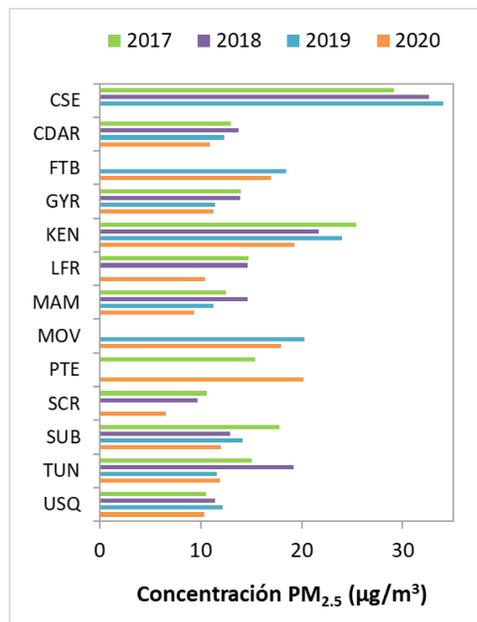


Figura 4. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} (2017-2018-2019-2020) para los meses de septiembre

4 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O₃). PROMEDIOS MÓVILES DE 8 HORAS.

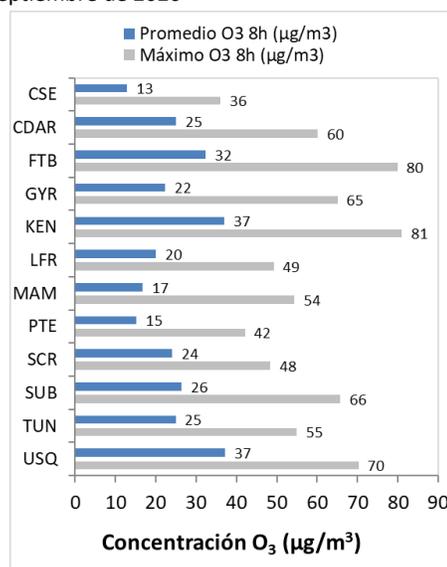
La Tabla 3 presenta los datos obtenidos para ozono (O₃) en el mes de septiembre de 2020, incluyendo los promedios mensuales, concentraciones 8 horas máximas, número de excedencias a la norma 8 horas establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos de media móvil 8 horas).

Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual con base en datos 8 horas se presentaron en la zona norte y zona suroccidente de la ciudad, en la estación Usaquéen con **37.115 µg/m³** y en Kennedy con **37.005 µg/m³** respectivamente, mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona suroccidente, en la estación Carvajal - Sevillana con **12.917 µg/m³** y la estación Puente Aranda con **15.190 µg/m³**. La concentración máxima más alta con base en promedios 8 horas fue de **80.908 µg/m³** en la estación Kennedy; esta no excedió la norma nacional 8 horas (100 µg/m³).

En este mes se mantienen las altas concentraciones de O₃ en la zona de influencia de Kennedy y se evidencia un aumento de concentraciones en el norte de la ciudad respecto a meses anteriores. Hacia la zona centro (MinAmbiente), han disminuido las concentraciones en relación con las demás estaciones de la ciudad.

Tabla 3. Resumen de datos de O₃ para septiembre de 2020

Estación	Promedio O ₃ 8h (µg/m ³)	Máximo O ₃ 8h (µg/m ³)	Excedencias 8h	Datos válidos (%)
CSE	12,917	35,978	0	92%
CDAR	24,963	60,177	0	98%
FTB	32,314	79,878	0	100%
GYR	22,296	65,040	0	99%
KEN	37,005	80,908	0	95%
LFR	20,067	49,246	0	100%
MAM	16,740	54,372	0	100%
PTE	15,190	42,109	0	100%
SCR	24,032	48,363	0	100%
SUB	26,430	65,678	0	100%
TUN	24,942	54,936	0	89%
USQ	37,115	70,264	0	95%



La Figura 5 presenta el comportamiento de los datos promedio media móvil 8 horas durante el mes de septiembre de 2020 y la comparación respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo con las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas de O₃ se presentaron en las estaciones Kennedy y Fontibón, durante la segunda y tercera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se observaron en la zona de influencia de las estaciones Puente Aranda y Carvajal-Sevillana, entre la primera y segunda semana del mes. En septiembre de 2020, no se registraron excedencias de los promedios diarios de concentración que sobrepasaran la norma nacional 8 horas de O₃ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (100 µg/m³). Todas las estaciones registraron un porcentaje de datos válidos mayor al 75%.

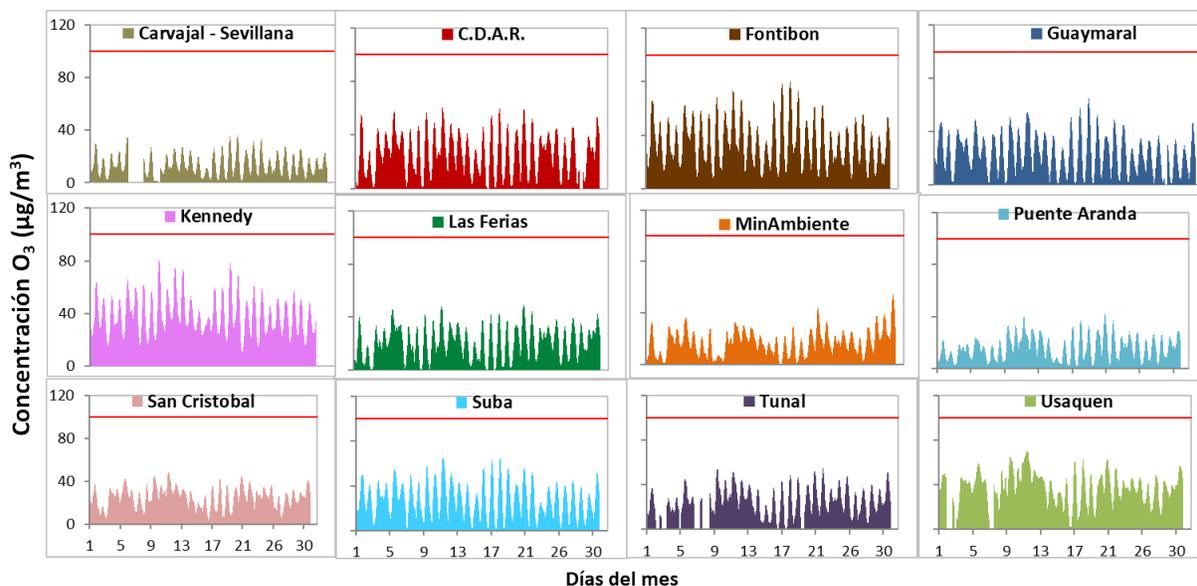


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones 8h de O₃ para septiembre 2020 y comparación con norma nacional.

La Figura 6 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ del mes de septiembre en los últimos 4 años. En las estaciones Kennedy, San Cristóbal y Usaquén se observa una tendencia al aumento de las concentraciones respecto al 2019. Esta última estación ha registrado los datos más altos de la ciudad, la concentración más alta fue en el 2018 con 39 µg/m³.

Por otro lado, las concentraciones de O₃ en el suroccidente (Carvajal-Sevillana y Puente Aranda) disminuyeron respecto los años anteriores.

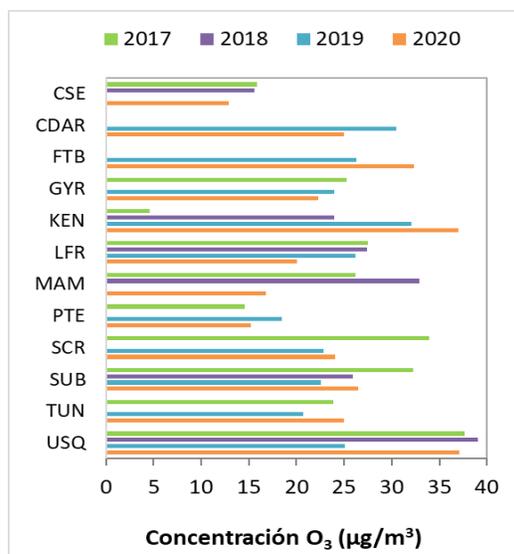


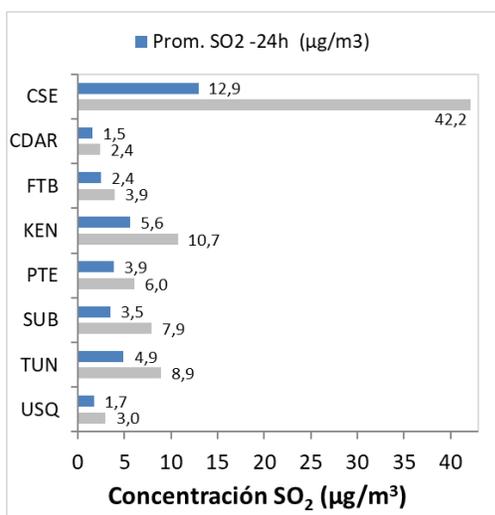
Figura 6. Comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ (2017-2018-2019-2020) para los meses de septiembre

5 COMPORTAMIENTO DIARIO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO₂, NO₂, CO.

La Tabla 4, Tabla 5, y Tabla 6 presentan las concentraciones promedio mensuales y máximas de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), correspondientes al mes de septiembre de 2020. Igualmente se presenta el resumen de datos válidos y las excedencias, donde se observa que las concentraciones de SO₂, NO₂ y CO, presentaron magnitudes relativamente bajas durante el mes, e históricamente las concentraciones se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente (Resolución 2254 de 2017 del MADS) en sus respectivos tiempos de exposición. Se registraron dos (2) excedencias de los promedios diarios de concentración que sobrepasaron la norma nacional 1 hora de SO₂ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (100 µg/m³). Aun así, la afectación a la salud pública causada por los efectos potenciales de estos contaminantes es menor que la generada por el material particulado y el ozono.

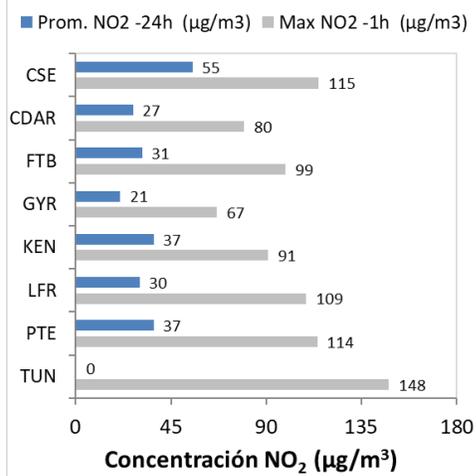
Los analizadores de CO y NO₂ de Tunal, registraron menos del 75% de datos válidos debido a que se registraron datos atípicos, por lo cual se invalidó dicha información.

Tabla 4. Resumen de los promedios 24 horas para SO₂, septiembre 2020.



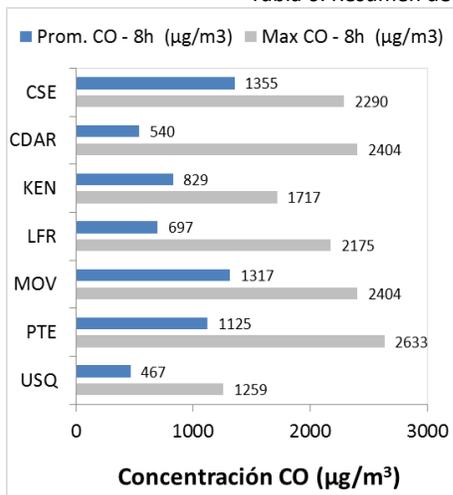
Est.	Prom. SO ₂ (µg/m ³)	Máx. SO ₂ (µg/m ³)	Exc. 24h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	12,9	42,2	0	2	100%
CDAR	1,5	2,4	0	0	97%
FTB	2,4	3,9	0	0	100%
KEN	5,6	10,7	0	0	100%
PTE	3,9	6,0	0	0	100%
SUB	3,5	7,9	0	0	93%
TUN	4,9	8,9	0	0	100%
USQ	1,7	3,0	0	0	97%

Tabla 5. Resumen de los promedios diarios y excedencias horarias para NO₂, septiembre 2020.



Est.	Prom.24h NO ₂ (µg/m ³)	Máx. 1h NO ₂ (µg/m ³)	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	55,3	114,9	0	100%
CDAR	27,1	79,7	0	100%
FTB	31,4	99,1	0	100%
GYR	20,9	66,8	0	100%
KEN	36,8	91,0	0	100%
LFR	30,1	108,7	0	100%
PTE	36,8	114,1	0	100%
TUN*	32,2	148,0	0	70%

Tabla 6. Resumen de los promedios 8 horas para CO. septiembre 2020.



Est.	Prom. CO (µg/m ³)	Máx. CO (µg/m ³)	Exc. 8h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	1355,2	2289,8	0	0	100%
CDAR	540,3	2404,3	0	0	98%
KEN	829,3	1717,4	0	0	100%
LFR	697,1	2175,3	0	0	98%
MOV	1317,4	2404,3	0	0	95%
PTE	1125,3	2633,3	0	0	76%
TUN*	606,2	1602,9	0	0	74%
USQ	466,9	1259,4	0	0	100%

6. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

La Red de Monitoreo de Black Carbon – RMBC, se encuentra asociada a la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, la cual es propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente. Los instrumentos dispuestos para esta red se encargan de realizar monitoreo de los aerosoles atmosféricos, que corresponden a partículas sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera y cuyo tamaño varía entre 0.001 y 100 μm .

La RMBC cuenta con ocho aethalómetros que funcionan en dos (2) longitudes de onda. La longitud de onda de 880 nm se utiliza para medir la concentración de black carbon (BC) del aerosol, el cual está formado por la combustión incompleta de combustibles fósiles, especialmente diésel, así como el aporte de las emisiones industriales, domésticas y por quema de biomasa. La longitud de onda de 370 nm proporciona una medida del “componente UV”, es decir, para medir concentraciones de brown carbon (UV-BC) del aerosol proveniente de la quema directa de biomasa, ya sea por la ocurrencia de incendios forestales, así como de la combustión de madera y carbono para la calefacción doméstica y la liberación biogénica de materia húmica, restos vegetales y de hongos.

6.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

Durante el mes de septiembre las concentraciones de black carbon en las longitudes de onda 370 nm y 800 nm tuvieron un comportamiento similar en donde el promedio mensual más alto se presentó en la zona suroccidental de la ciudad, en la estación de Carvajal - Sevillana con 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguida por la estación de Kennedy con 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otro lado, las menores concentraciones se registraron en la zona centro oriental de la ciudad en la estación de Las Ferias y la zona Suroriental en la estación de San Cristóbal con 3 y 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las concentraciones máximas diarias más altas se presentaron en las estaciones de Tunal con 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la estación de Kennedy con 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Adicionalmente, durante el mes de septiembre, las estaciones que presentan una captura de datos menor al 75% son aquellas en las que se han presentado dificultades para acceder a la estación a realizar las labores de mantenimiento preventivo y correctivo; en este caso, durante este mes presentó un porcentaje de datos menor al 75% en las estaciones de Carvajal-Sevillana y Fontibón debido a problemas de accesibilidad del lugar por las restricciones del Aislamiento Preventivo Obligatorio declarado a nivel nacional.

Tabla 7. Resumen de datos diarios obtenidos de black carbon en las dos longitudes de onda (370 nm y 880 nm) septiembre de 2020

Estación	Prom. 370 nm	Max. 370 nm	Prom. 880 nm	Max 880 nm	Datos capturados (%)
Carvajal – Sevillana*	8	28	9	30	71
C.D.A.R.	4	25	4	26	95
Fontibón	7	35	7	36	50
Kennedy	7	35	7	37	79
Las Ferias	3	23	3	23	100
MinAmbiente	4	27	7	35	98
San Cristóbal	2	16	2	15	100
Tunal	6	40	6	39	96

* Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%.

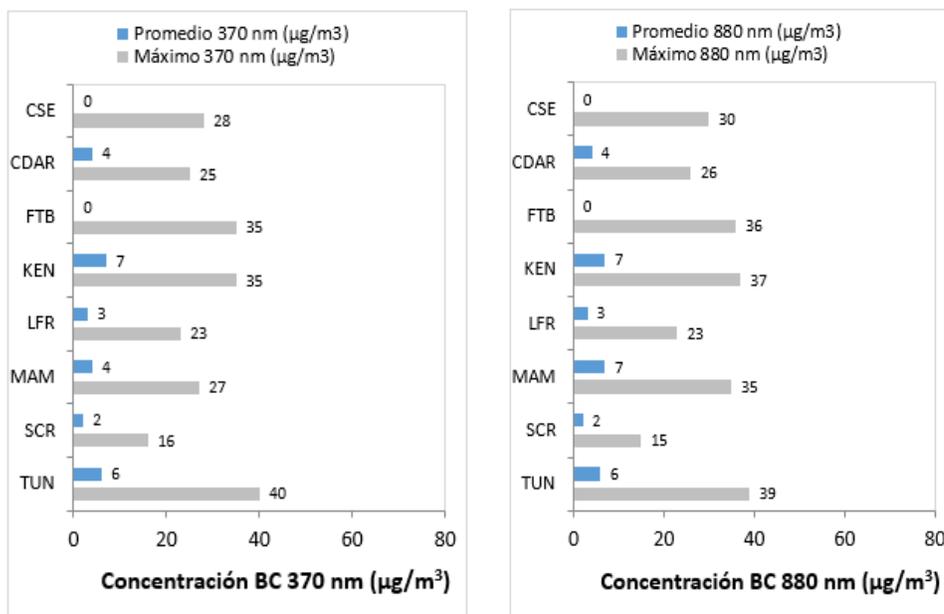


Figura 7. Promedios de concentraciones mensuales, valores máximos diarios para las longitudes de onda 370 nm y 880 nm septiembre de 2020

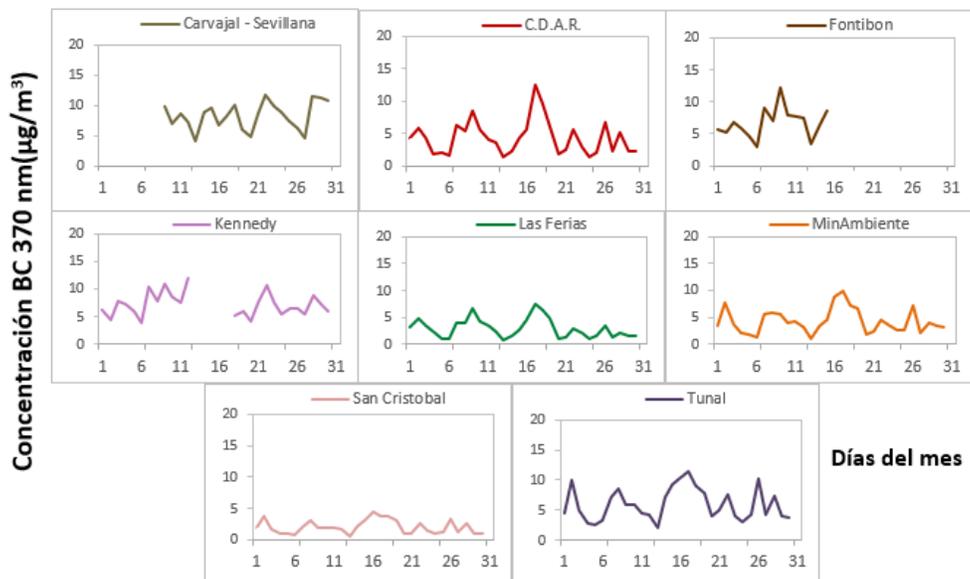


Figura 8. Comportamiento de las concentraciones diarias de longitud de onda 370 nm para septiembre de 2020

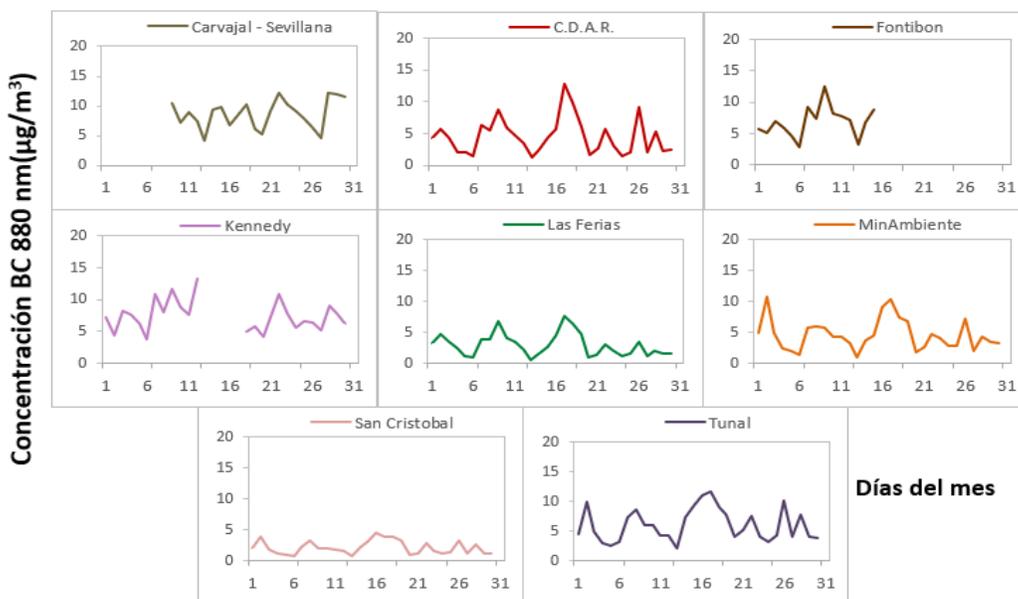


Figura 9. Comportamiento de las concentraciones diarias de longitud de onda 880 nm para septiembre de 2020

La Figura 8 y la Figura 9 presentan las concentraciones promedio diarias de las longitudes de onda 370 nm y 880 nm. De acuerdo con la ubicación y su comportamiento, las concentraciones más altas se presentaron en la estación de Kennedy, presentando unos incrementos durante la tercera semana del mes alcanzando los 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Adicionalmente, la mayoría de las estaciones presentaron un incremento durante la tercera semana con diferentes intensidades, esto indica que hubo un evento atmosférico que impactó en la totalidad de la ciudad.

Por otro lado, en las estaciones de Centro de Alto Rendimiento y Tunal se evidencia que las concentraciones de Black Carbon en la longitud de onda 880 fueron mayores durante la cuarta semana llegando a los 9 y 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; La estación de San Cristóbal, presentó las menores concentraciones a lo largo del mes con valores máximos de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y mínimos de 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA

Para el cálculo del BC biomasa se aplicó la metodología de cálculo propuesta por Sandradewi (2007), el cual toma las mediciones de longitudes de onda para calcular un porcentaje de BC proveniente de la Biomasa. Como valor indicativo de la quema de biomasa se optó por tomar datos satelitales del sensor MODIS, este capta anomalías térmicas que caracteriza con un porcentaje de confianza, para este análisis se tomaron los incendios con una confianza mayor al 75%. Varios estudios han registrado el transporte de las plumas de quema de biomasa, que varían entre cientos y hasta miles de kilómetros, es por ello que se seleccionó un dominio en el Norte de Suramérica (NSA) para el análisis de incendios activos.

En la Figura 10 se puede observar la distribución de incendios para el mes de septiembre, con una zona altamente activa en la zona norte de Brasil. En cuanto a Colombia, los incendios se distribuyen a lo largo de las cordilleras y en la zona oriental de los llanos.

La Figura 11 muestra el comportamiento temporal de las concentraciones de BC biomasa, se reflejan solo 5 estaciones debido a que las demás presentan datos atípicos en varios días por lo que se están analizando de forma separada. A pesar de que el comportamiento entre BC biomasa e incendios no se ve claramente relacionado, hay que resaltar que comparten varios días con los mismos picos y valles lo que podría obedecer a un impacto regional. De igual manera se resalta que el sensor detecta anomalías térmicas a gran escala y deja por fuera del conteo los posibles eventos de quema de biomasa en cercanía a las estaciones dentro de la ciudad de Bogotá.

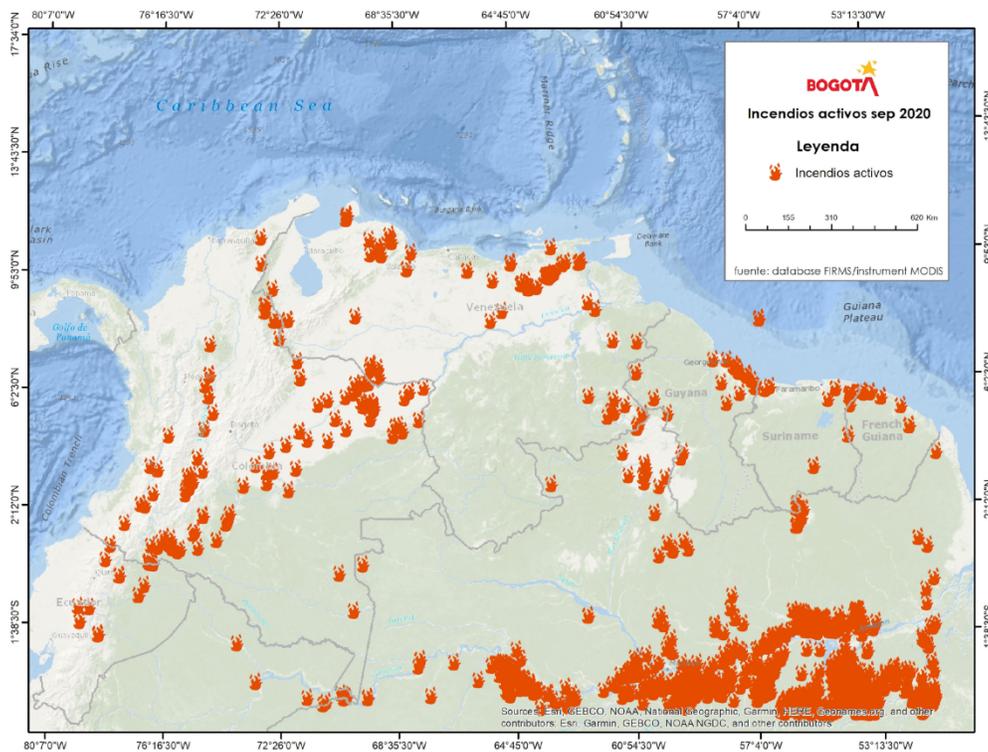


Figura 10. Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS en el mes de septiembre 2020

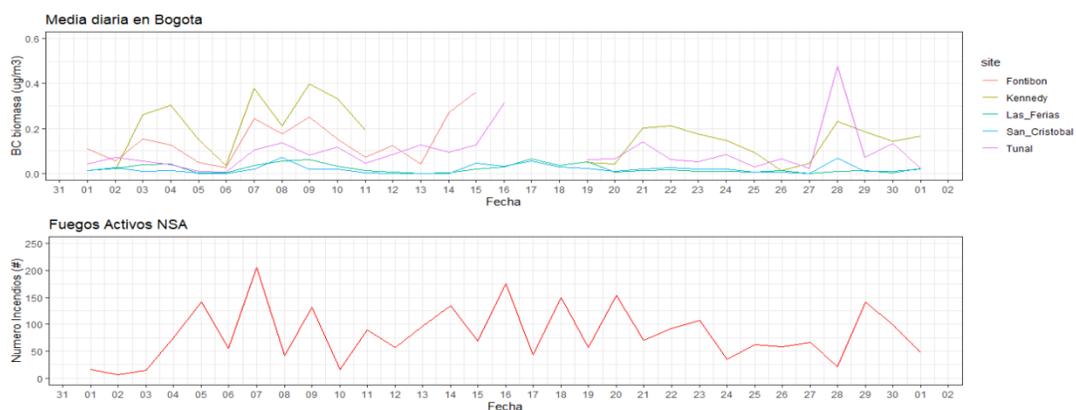


Figura 11. Serie temporal de BC biomasa e incendios identificados por el sensor MODIS en el mes de septiembre 2020

7. INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA)

El Índice Bogotano de Calidad de Aire, IBOCA, adoptado mediante la Resolución Conjunta 2410 de 2015, es un indicador multipropósito adimensional, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indican el estado de la calidad del aire y que se basa en el contaminante que presenta la mayor afectación a la salud en un momento determinado, sin embargo, puede ser calculada para cada contaminante prioritario con el fin de establecer la importancia en términos de afectación para cada uno.

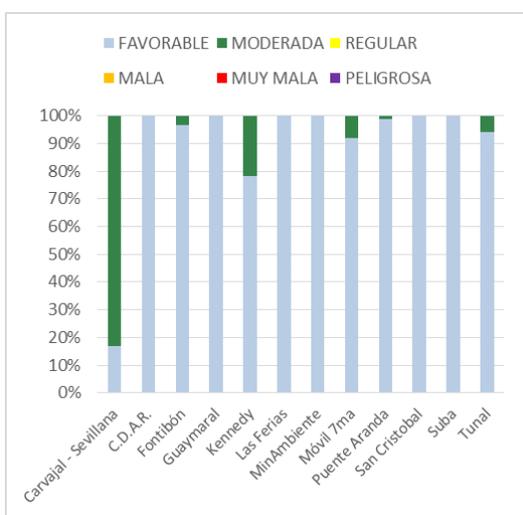


Figura 12. IBOCA para PM₁₀ por estación en septiembre 2020

La Figura 12 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM₁₀ por estación de monitoreo registrados en el mes de septiembre. Se observa que predominó la categoría “favorable” en la mayoría de las estaciones de la ciudad.

La estación Carvajal-Sevillana registró la condición “moderada” en mayor proporción respecto a las demás estaciones, con un 83%; las estaciones Kennedy, Móvil 7ma, Tunal y Fontibón también registraron la condición “moderada” en un porcentaje entre 3 y 22%.

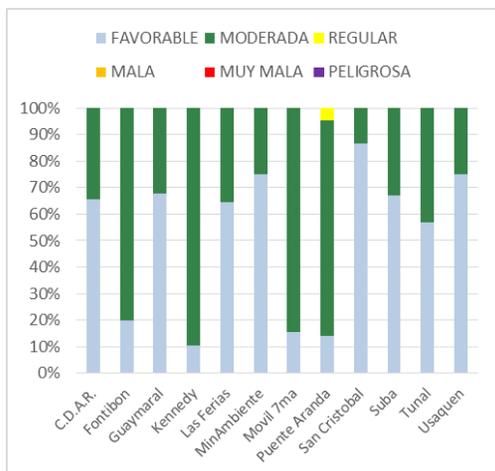


Figura 13. IBOCA para PM_{2.5} por estación en septiembre 2020

La Figura 13 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM_{2.5} en cada estación de monitoreo. Se observa que en el mes de septiembre predominan las categorías “favorable” y “moderada” en todas las estaciones. La estación Puente Aranda presentó la condición “moderada” durante un 80% del mes, y la condición “regular” en un 5% del mes. Por el contrario, la estación San Cristóbal presentó la mejor calidad del aire, con una condición “favorable” durante el 87% del mes.

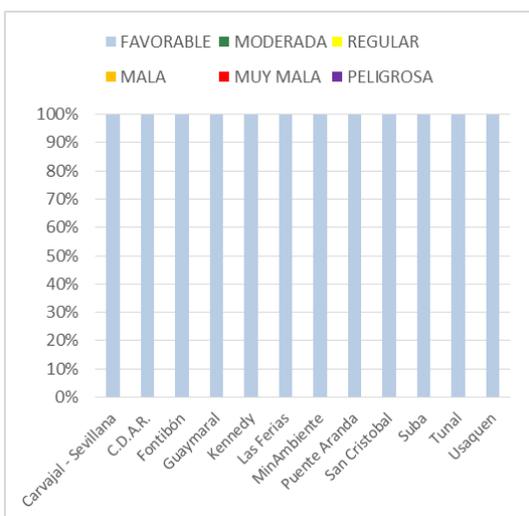


Figura 14. IBOCA para O₃ por estación en septiembre 2020

La Figura 14 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 8 horas de O₃ en cada una de las estaciones de monitoreo para el mes de septiembre. Se observa que la categoría “favorable” predomina en todas las estaciones de la RMCAB, con un 100% del tiempo del mes, por lo cual las concentraciones de ozono se mantuvieron bajas durante todo el mes.

8. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

De acuerdo con la estacionalidad de las lluvias en la sabana, el mes de septiembre es un mes de transición entre el segundo periodo seco y el segundo periodo de lluvias del año. De allí que con respecto al mes anterior, en septiembre se observa un incremento en los totales acumulados, con registros de precipitación por encima de los 100 mm. Ahora bien, al contrastar las concentraciones de PM₁₀ durante el mes de septiembre frente a las registradas durante el mes de agosto, se podría inferir que a pesar de que las precipitaciones se incrementaron más del doble durante el mes de septiembre, no influyeron favorablemente en la reducción de las concentraciones de material particulado. No obstante, este comportamiento se puede asociar a una normalización de las actividades productivas en la ciudad durante el mes de septiembre a diferencia de lo ocurrido durante el mes de agosto cuando aún se tenían restricciones en la apertura de la ciudad a las actividades productivas de la misma. Ver Figura 15.

Conforme el incremento en los acumulados de precipitación del mes de septiembre, así mismo se incrementaron los números de días con lluvia en la mayoría de las estaciones. Este incremento en el número de días con lluvia con respecto al mes anterior es poco significativo. Ver Figura 15 y Tabla 8.

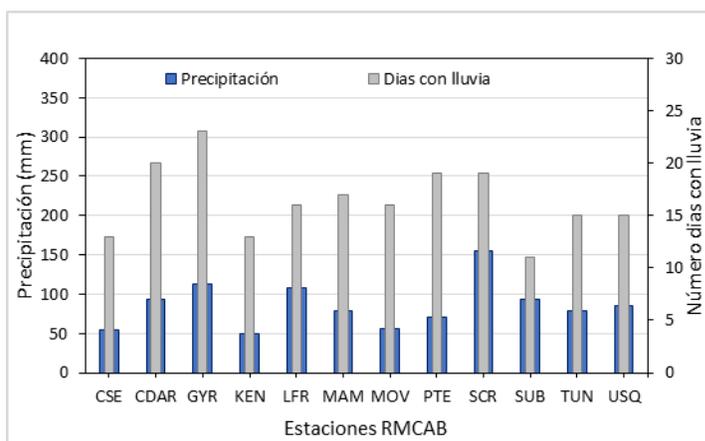


Figura 15 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (septiembre -2020).

Tabla 8 Precipitación acumulada media mensual por estaciones y número de días con lluvia (septiembre -2020)

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
CSE	54	13
CDAR	93	20
GYR	113	23
KEN	49	13
LFR	108	16
MAM	78	17
MOV	56	16
PTE	71	19
SCR	155	19
SUB	94	11
TUN	79	15
USQ	86	15

9. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

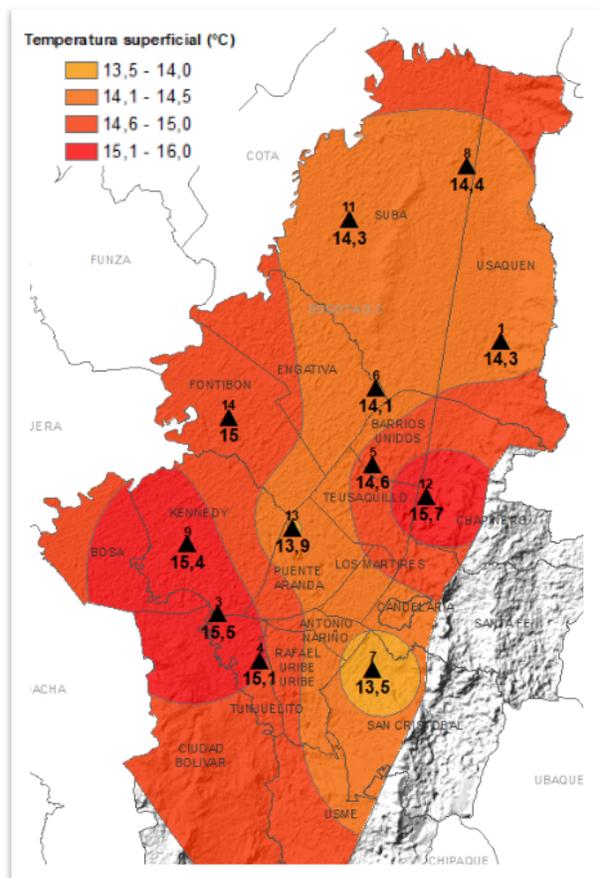


Figura 16. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – (septiembre - 2020).

De acuerdo con los registros de la RMCAB se observa una ligera disminución de la temperatura superficial sobre todo hacia el occidente, centro y norte de la ciudad. Esta disminución está relacionada con el descenso de la temperatura por el incremento de las lluvias durante el mes. Las mayores temperaturas como es frecuente se presentaron hacia el sur occidente y al centro oriente de la ciudad. Semejante a lo ocurrido durante el mes de agosto, en septiembre se observa un incremento en las temperaturas en el centro oriente de la ciudad, representado por la estación Móvil_7ma. Ver Figura 16.

En cuanto a las temperaturas extremas, se observa una reducción de las máximas y de las mínimas. La temperatura máxima absoluta del mes se registró en la estación de Guaymaral donde se registraron 23,6 °C y la mínima absoluta en la estación CDAR con 4,1 °C, respectivamente. Las temperaturas mínimas en agosto fluctuaron entre 6,0 a 9,6 °C, mientras que en septiembre fluctuaron entre 4,1 a 7,9 °C. Ver Tabla 9 y Figura 17.

Asimismo, los sectores con mayor amplitud térmica se presentaron hacia el Centro de Alto Rendimiento y Tunal; variaciones de temperatura que propician el ascenso (convección) de las masas de aire que junto con las fuerzas mecánicas hacen posible la dispersión de contaminantes en la ciudad.

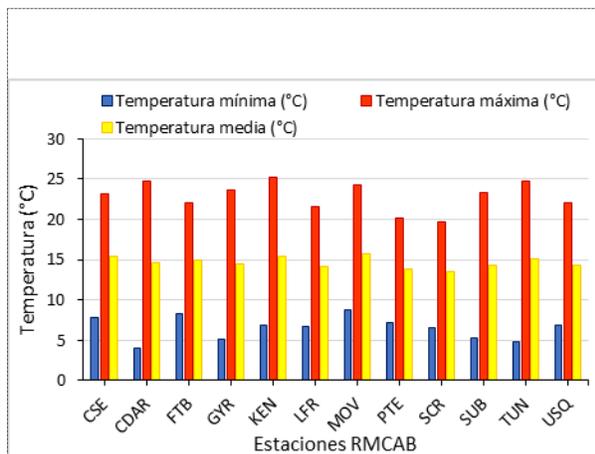


Figura 17. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación (septiembre - 2020)

Tabla 9. Resumen Temperaturas medias, máximas y mínima absolutas por estación y promedio ciudad (septiembre - 2020)

Estación	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)
CSE	7,9	23,1	15,5
CDAR	4,1	24,7	14,6
FTB	8,3	22,1	15
GYR	5,1	23,6	14,4
KEN	6,8	25,2	15,4
LFR	6,7	21,6	14,1
MOV	8,8	24,3	15,7
PTE	7,2	20,1	13,9
SCR	6,5	19,7	13,5
SUB	5,3	23,4	14,3
TUN	4,8	24,8	15,1
USQ	6,8	22,1	14,3
Promedio	6,5	22,9	14,7

10. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.

Durante el mes de septiembre se observa una ligera disminución de las velocidades del viento en toda la ciudad con respecto al mes de agosto. Esta reducción puede obedecer a un incremento en la ocurrencia de vientos del occidente los cuales colisionan con el flujo de vientos del suroriente generando una reducción en su magnitud. Es importante anotar que para esta fecha se hacen frecuente estos vientos de circulación local provenientes del valle del río Magdalena, los que a su vez transportan aire cálido y húmedo que propician la ocurrencia de eventos de lluvia cuando son forzados a ascender al interactuar con los cerros orientales. Como se puede observar en la Figura 18, el campo vectorial hacia el sur centro de la ciudad muestra la influencia de vientos con una marcada componente sur occidente. Es importante anotar que dicha figura representa sólo el comportamiento promedio y su predominancia durante el mes, sin mostrar las particularidades de los vientos durante el día. No obstante, es perceptible la influencia de vientos provenientes del suroccidente.

En cuanto a las velocidades máximas y mínimas, como es frecuente las mayores velocidades se presentaron hacia el sur occidente de la ciudad y las mínimas hacia el centro oriente donde se estima que ocurre la colisión entre vientos del suroccidente con los vientos del suroriente, causando su reducción. ver Figura 19 y Tabla 10.

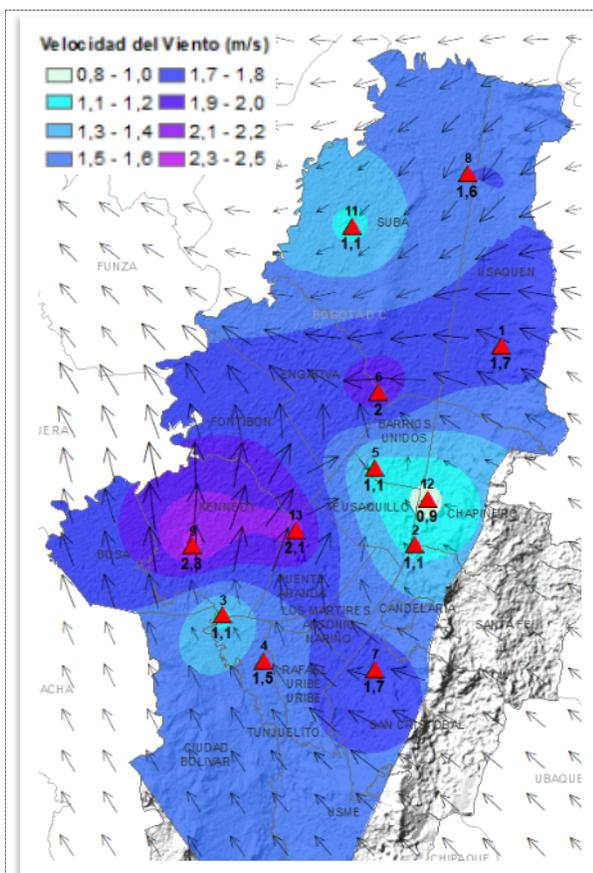


Figura 18. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging (septiembre - 2020)

Tabla 10. Velocidades del viento reportadas para septiembre de 2020

Estación	Vel. mínima	Vel. máxima	Vel. media
CSE	0,0	5,2	1,1
CDAR	0,0	4,9	1,1
GYR	0,6	4,6	1,6
KEN	0,0	5,6	2,3
LFR	0,1	7,8	2,0
MAM	0,0	6,8	1,1
MOV	0,0	3,9	0,9
PTE	0,1	7,2	2,1
SCR	0,0	5,1	1,7
SUB	0,0	4,9	1,1
TUN	0,3	3,9	1,5
USQ	0,1	6,5	1,7

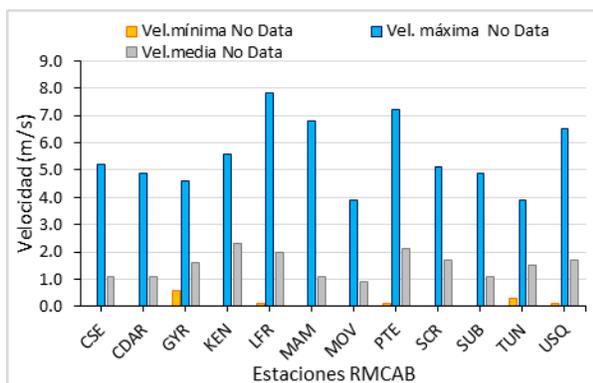


Figura 19 Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación (septiembre - 2020)

Estimación de la Altura de la Capa Límite

Durante el mes de septiembre de las cantidades de radiación solar se incrementaron ligeramente con respecto al mes anterior. De allí se desprende que la altura media de la capa límite se haya elevado unos metros respecto al mes de agosto, sobre todo al norte de la ciudad donde, en la hora de mayor altura, alcanzó los 1635 m superando los 1516 m alcanzados en el mes de agosto. Este incremento en la altura

de la capa límite, estimado al norte de la ciudad, obedece principalmente a las fuerzas convectivas debidas a la cantidad de energía ingresada proveniente del sol y el incremento de flujo de calor emitido desde el suelo, que a su vez calienta y expande el aire superficial de manera turbulenta. Por su parte hacia el sur de la ciudad esta altura prácticamente se mantuvo igual que el mes anterior. Ver Figura 20 a) y b).

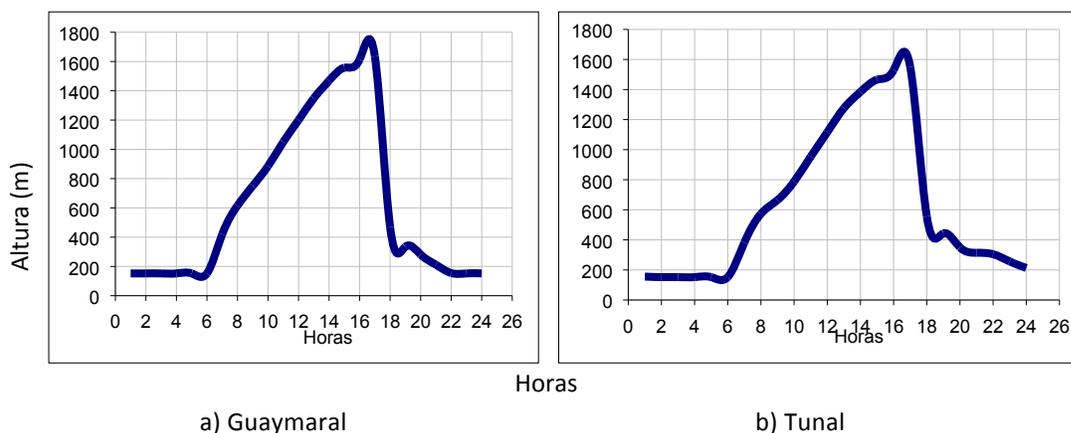


Figura 20. Estimación del perfil promedio horario mensual de la altura de la capa de mezcla a) Guaymaral y b) Tunal -septiembre de 2020

En la Tabla 11 y Tabla 12 se resumen algunos parámetros de escala que caracterizan las condiciones atmosféricas predominantes en el distrito capital, durante el mes de septiembre. Al estimar las condiciones de estabilidad o dinámico-viscosas de la atmósfera, se puede establecer que en la ciudad predominaron condiciones inestables entre las 8 de la mañana y las 3 de la tarde, que se caracterizan por facilitar el ascenso de aire en condiciones turbulentas que hacen posible la mezcla de contaminantes. Este comportamiento se asocia a la categoría B de acuerdo con las categorías de estabilidad de Pasquill-Gifford.

En horas de la madrugada y la noche, es normal la ocurrencia de estabilidades E y F, a causa de la disminución de la radiación solar y consecuente pérdida de energía del suelo, que se traducen en bajas velocidades del viento y menor capacidad de dispersión de contaminantes.

Tabla 11. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Guaymaral (septiembre – 2020)

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z ₀	z _m	u ₀	N	H ₀	Q*	LN (z _m /z ₀)	C _{DN}	u ₀ ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s	Octas							m/s	m	m	M	
1	0,8	10,9	0,0	-73,9	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
2	0,8	10,5	0,0	-74,2	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
3	0,8	10,2	0,0	-74,4	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
4	0,8	10,0	0,0	-67,8	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
5	0,7	9,8	0,0	-67,9	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
6	0,8	9,8	0,0	-61,2	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	0,9	10,5	82,5	22,0	1	6	0,23	7	20,3	0,14	1,8	-	-	-	0,32	-	247	420	D
8	1,2	14,2	271,5	146,1	1	6	0,27	6	73,9	0,24	1,8	-	-	-	0,46	-	448	615	B
9	1,5	16,8	482,4	284,6	1	6	0,35	5	134,2	0,50	1,8	-	-	-	0,56	-	675	751	B
10	2,1	18,2	607,5	370,8	1	6	0,47	5	171,8	1,27	1,8	-	-	-	0,65	-	885	885	B
11	2,3	18,8	582,1	360,8	1	6	0,52	6	167,1	1,74	1,8	-	-	-	0,68	-	1051	1051	B
12	2,5	19,6	607,2	378,7	1	6	0,57	6	174,7	2,27	1,8	-	-	-	0,72	-	1200	1200	B
13	2,6	19,9	694,7	431,6	1	6	0,59	5	197,9	2,49	1,8	-	-	-	0,74	-	1349	1349	B
14	2,7	19,9	621,0	381,6	1	6	0,61	5	175,8	2,79	1,8	-	-	-	0,75	-	1469	1469	B
15	2,6	19,5	501,4	300,0	1	6	0,59	5	139,9	2,43	1,8	-	-	-	0,71	-	1558	1558	B
16	2,4	19,2	344,0	193,0	1	6	0,55	5	92,7	2,02	1,8	-	-	-	0,66	-	1614	1614	B
17	2,2	18,2	187,0	65,3	1	6	0,49	2	36,6	1,46	1,8	-	-	-	0,57	-	1635	1635	C
18	1,7	16,0	0,0	-70,2	1	6	-	1	-21,0	-	1,8	0,23	0,06	0,63	0,35	469	469	469	F
19	1,3	14,1	0,0	-71,8	1	6	-	1	-15,0	-	1,8	0,23	0,06	0,40	0,25	335	335	335	F
20	1,2	13,3	0,0	-72,3	1	6	-	1	-12,6	-	1,8	0,23	0,06	0,26	0,21	281	281	281	F
21	1,1	12,7	0,0	-72,8	1	6	-	1	-9,5	-	1,8	0,23	0,06	0,08	0,16	211	211	211	F
22	1,0	12,2	0,0	-73,1	1	6	-	1	-6,9	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,12	155	155	155	F
23	1,0	11,7	0,0	-73,4	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
24	0,9	11,3	0,0	-73,7	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F

Tabla 12. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Tunal (septiembre – 2020)

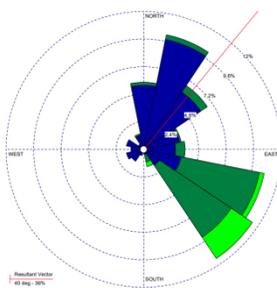
Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z ₀	z _m	u ₀	N	H ₀	Q*	LN (z _m /z ₀)	C _{DN}	u ₀ ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s	Octas							m/s	m	m	m	
1	1,0	11,7	0,0	-73,4	1	6	-	1	-7,0	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,12	156	156	156	F
2	1,0	11,4	0,0	-73,6	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
3	0,9	11,2	0,0	-73,7	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
4	0,9	11,0	0,0	-67,2	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
5	0,9	10,7	0,0	-67,4	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z ₀	z _m	u ₀	N	H ₀	Q*	LN (z _m /z ₀)	C _{DN}	u ₀ ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s	Octas							m/s	m	m	m	
6	0,9	10,6	0,0	-67,4	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	1,0	11,0	39,4	-0,2	1	6	0,23	8	10,3	0,15	1,8	-	-	-	0,29	-	206	382	D
8	1,3	13,9	198,0	102,7	1	6	0,30	7	54,9	0,32	1,8	-	-	-	0,43	-	382	573	C
9	1,5	16,6	297,8	172,6	1	6	0,35	7	84,8	0,52	1,8	-	-	-	0,50	-	554	665	B
10	1,8	18,7	514,2	314,7	1	6	0,40	6	146,8	0,79	1,8	-	-	-	0,59	-	767	788	B
11	2,0	20,0	582,1	362,1	1	6	0,46	6	167,1	1,18	1,8	-	-	-	0,64	-	954	954	B
12	2,3	20,5	607,2	379,6	1	6	0,52	6	174,7	1,70	1,8	-	-	-	0,68	-	1116	1116	B
13	2,3	21,0	694,7	432,8	1	6	0,53	5	197,9	1,83	1,8	-	-	-	0,70	-	1276	1276	B
14	2,5	20,7	525,6	324,4	1	6	0,56	6	150,2	2,17	1,8	-	-	-	0,70	-	1385	1385	B
15	2,4	20,3	424,4	255,3	1	6	0,56	6	119,8	2,09	1,8	-	-	-	0,68	-	1466	1466	B
16	2,4	19,7	376,8	209,0	1	6	0,54	4	99,5	1,94	1,8	-	-	-	0,66	-	1529	1529	B
17	2,1	18,7	188,1	59,9	1	6	0,48	1	33,9	1,37	1,8	-	-	-	0,56	-	1550	1550	C
18	2,0	17,1	0,0	-69,3	1	6	-	1	-24,9	-	1,8	0,23	0,06	0,72	0,42	556	556	556	F
19	1,6	14,6	0,0	-71,3	1	6	-	1	-19,8	-	1,8	0,23	0,06	0,60	0,33	443	443	443	F
20	1,4	13,6	0,0	-72,1	1	6	-	1	-15,7	-	1,8	0,23	0,06	0,43	0,26	350	350	350	F
21	1,3	13,1	0,0	-72,5	1	6	-	1	-14,1	-	1,8	0,23	0,06	0,35	0,24	314	314	314	F
22	1,3	12,7	0,0	-72,7	1	6	-	1	-13,6	-	1,8	0,23	0,06	0,33	0,23	304	304	304	F
23	1,2	12,3	0,0	-73,0	1	6	-	1	-11,5	-	1,8	0,23	0,06	0,20	0,19	256	256	256	F
24	1,1	12,0	0,0	-73,3	1	6	-	1	-9,5	-	1,8	0,23	0,06	0,08	0,16	213	213	213	F

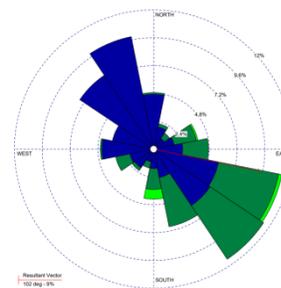
Como un complemento a la descripción del comportamiento de los vientos a través del mapa del campo del viento se presentan las rosas de viento que permiten observar la dinámica los vientos durante el tiempo de análisis (Figura 21). En estas se describe no sólo la dirección o direcciones predominantes sino la intensidad de los vientos ocurridos en cada estación. Para el mes de septiembre, se presentan las rosas de viento de cada una de las estaciones de la RMCAB cuya representatividad temporal fue superior al 75%.

N.A.

a) Bolivia



b) Suba



c) Guaymaral

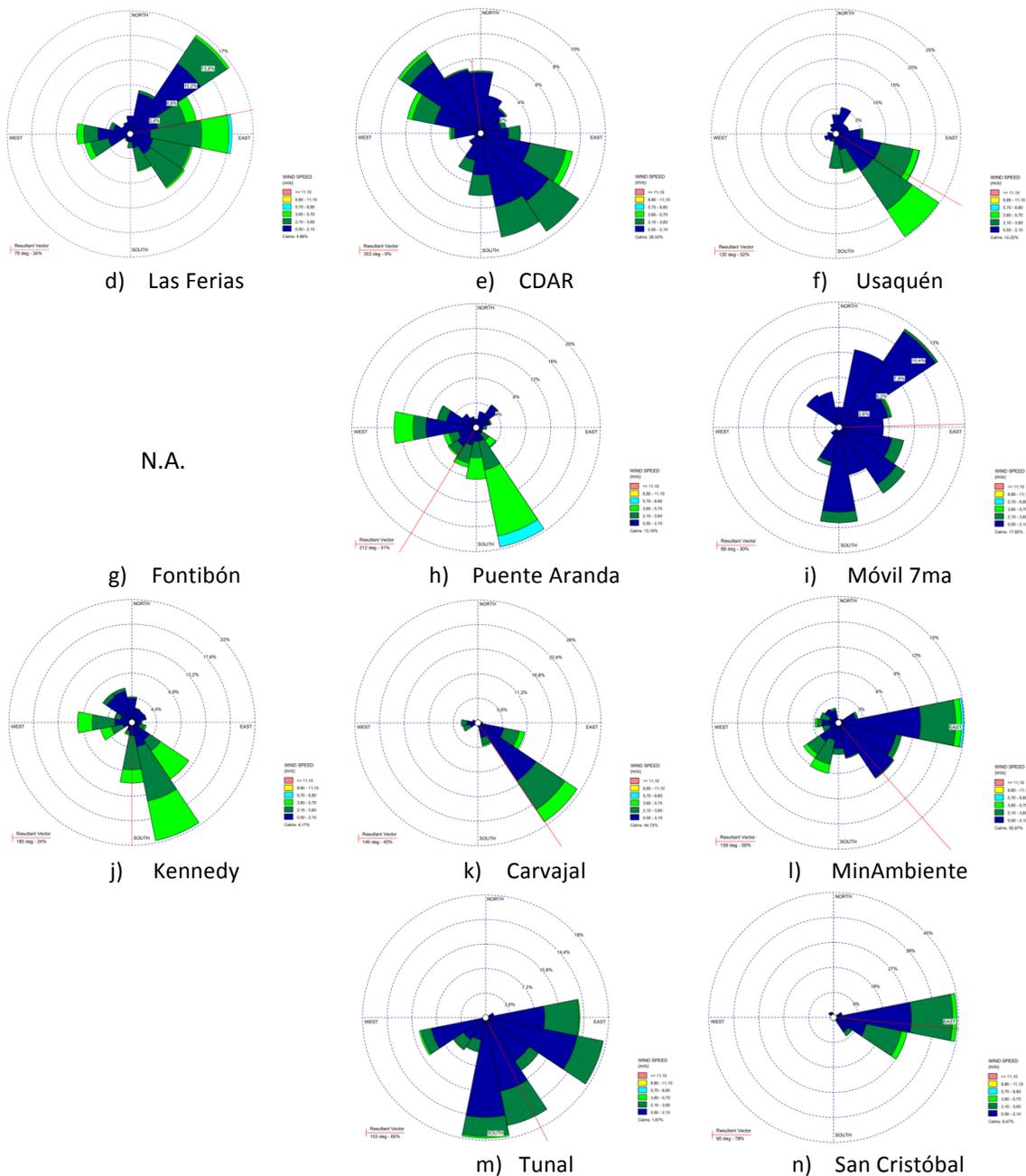


Figura 21. Rosas de viento RMCAB – septiembre de 2020

11.COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR Y SU RELACIÓN CON LAS CONCENTRACIONES DE OZONO.

En el mes de septiembre se presentó un ligero incremento de la radiación en la ciudad, lo que podría suponer la ocurrencia de nubes conglomeradas y dispersas que permiten mayor ingreso de radiación solar. Dada la relación directa del incremento en las cantidades de radiación solar incidente frente a la producción de ozono, en gran parte de la ciudad también se presentaron pequeños incrementos en las concentraciones de ozono con respecto al mes anterior. En el flanco occidental de la ciudad se observa que en la estación de Kennedy se incrementó de 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en agosto a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en septiembre en la hora de mayor concentración. Así mismo, ocurrió al sur de la ciudad, donde las máximas concentraciones pasaron de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en agosto a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en septiembre. Ver (Figura 22)

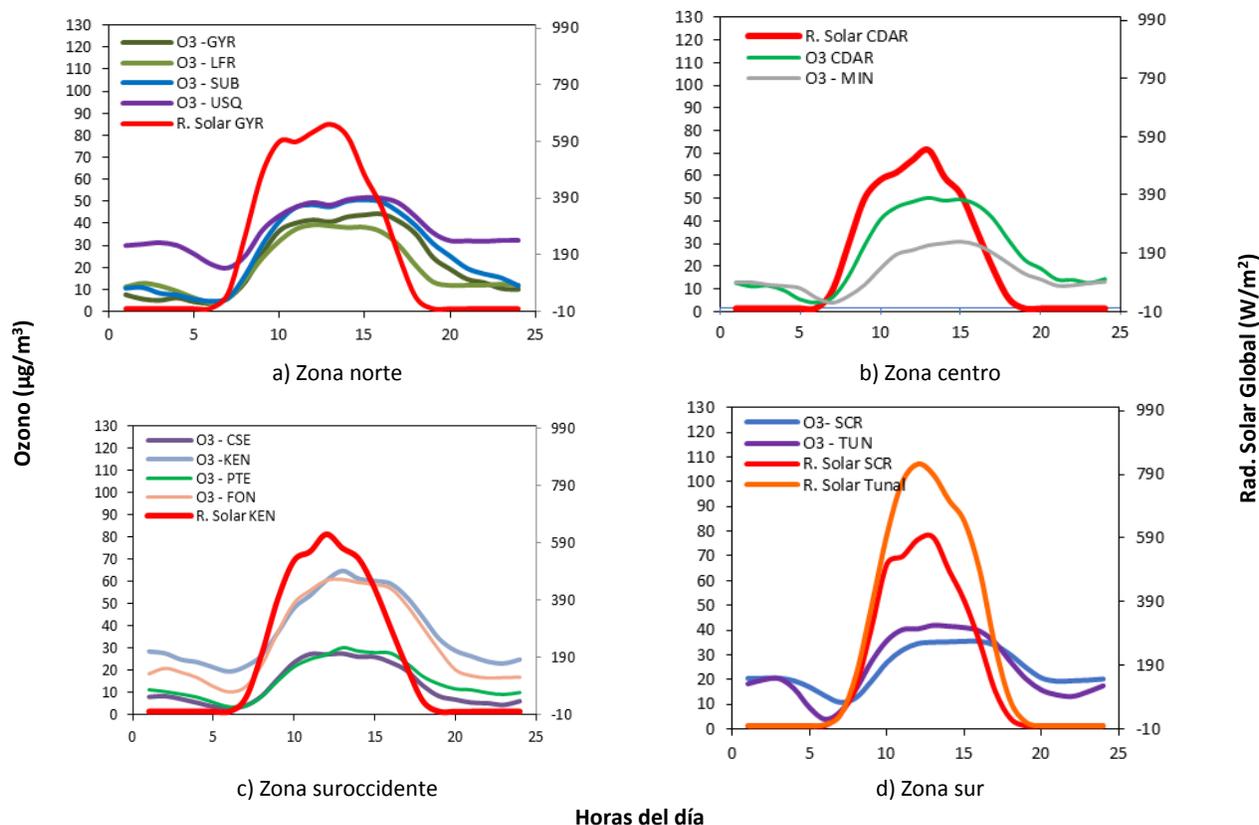


Figura 22. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2), septiembre 2020. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

12.REPORTE MENSUAL DE VALIDACIÓN SIMCAB PARA EL MES DE SEPTIEMBRE DE 2020.

El presente informe contiene el reporte de validación del comportamiento del modelo meteorológico y de calidad del aire del mes de septiembre de 2020 con respecto a los datos monitoreados por parte de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá – RMCAB, para el mismo periodo.

12.1. MODELO METEOROLÓGICO WRF

Para explicar el grado de acierto entre las variables meteorológicas continuas modeladas a través de WRF y los valores medidos por la RMCAB para la ciudad de Bogotá y sus distintas estaciones de monitoreo, se hace uso de los diagramas de Taylor (Figura 23) y los Box Plot (Figura 24). Los diagramas a nivel ciudad muestran que la correlación de la velocidad del viento subió un poco con respecto al mes anterior, ubicándose cerca de 0.4 y el RMSE este mes estuvo por debajo de 2 m/s. las estaciones con menor desempeño en la modelación del viento fueron móvil séptima y Min ambiente que presentaron una correlación por debajo de 0.4.

Por su parte la temperatura, presenta un RMSE por encima 2 °C y una correlación que se mantiene similar al mes anterior, estando cerca de 0.8 °C. La subestimación se da especialmente en horas de la mañana, entre las estaciones el comportamiento fue muy homogéneo para la variable, sin embargo, las estaciones Suba, Guaymaral y Móvil Séptima presentaron el mejor comportamiento. Respecto a la radiación, su comportamiento fue semejante al mes anterior, correlación levemente por encima de 0,8, con valores más altos en horas de la tarde. En términos de humedad relativa, la correlación es cercana a 0.7 y un RMSE alrededor de 12 %, siendo las horas de la noche y madrugada las de mayor sobreestimación. El comportamiento entre las estaciones fue muy heterogéneo para la humedad relativa en este mes.

En lo que respecta a la precipitación, la validación se realiza por medio de tablas de contingencia, utilizando como variable categórica la condición lluvia – no lluvia (ver Tabla 13); los resultados indican que el modelo sigue pronosticando más días con lluvias de los que en realidad sucedieron, debido al BIAS mayor a 1, en las estaciones Carvajal y Kennedy aumentó el BIAS, siendo las estaciones con mayor sobrestimación, mientras que Guaymaral y Min Ambiente fueron las de menor sobrestimación. Las estaciones que mejor detectaron la lluvia fueron CDAR (igual que el mes pasado), MinAmbiente, y Las Ferias, que el mes pasado había tenido un mal desempeño en precipitación

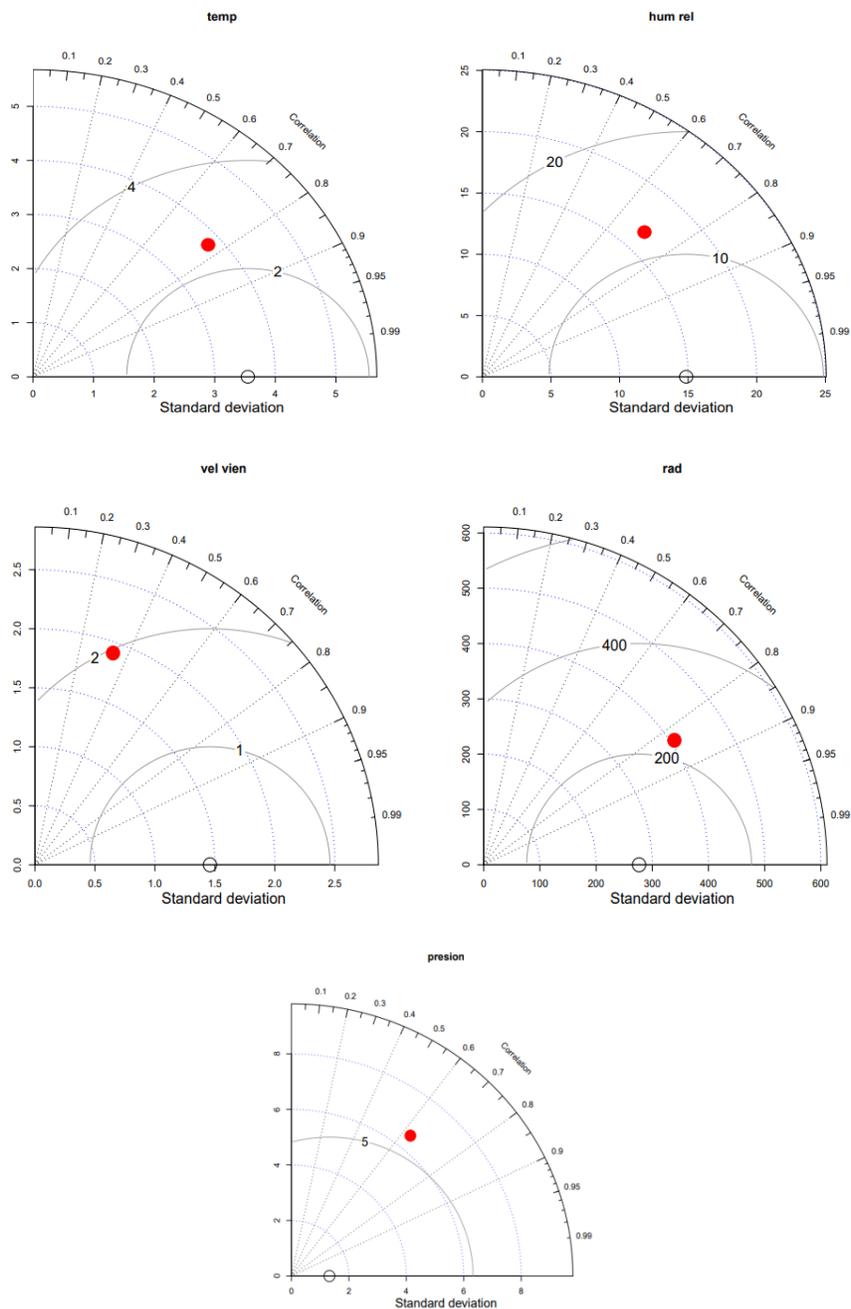
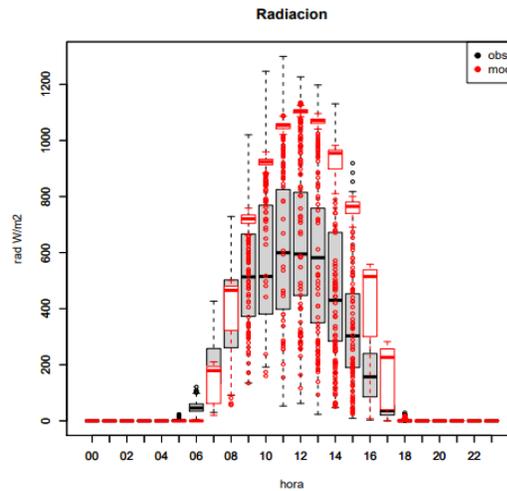
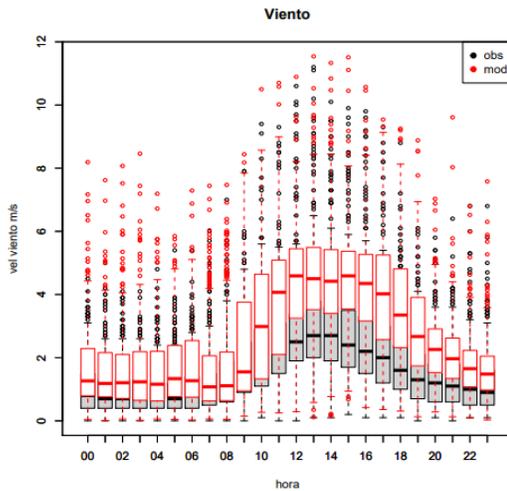
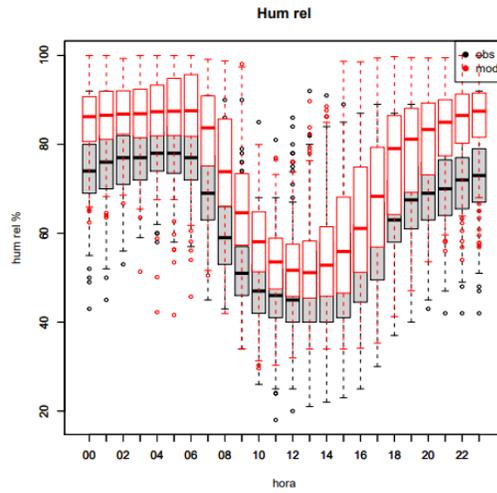
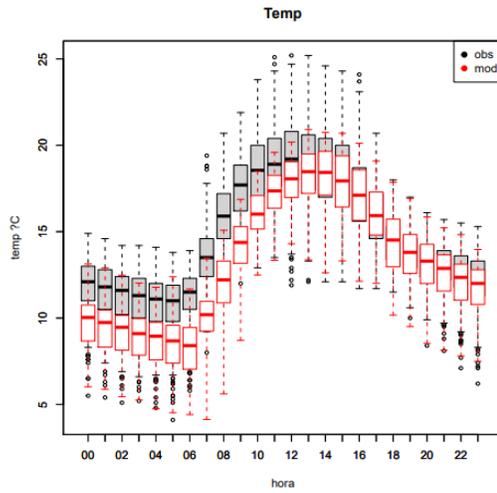


Figura 23. Diagramas de Taylor parámetros meteorológicos. ---Septiembre 2020.



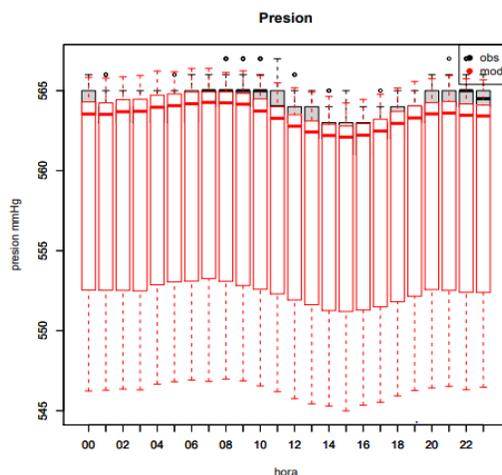


Figura 24. Box Plot parámetros meteorológicos – Septiembre 2020

Tabla 13. Validación de la Precipitación por estación – Septiembre 2020

ESTACIÓN	THREAT SCORE	POD	FAR	PERCENT CORRECT	BIAS
Carvajal	0.38	0.77	0.56	0.47	1.77
CDAR	0.67	0.9	0.28	0.7	1.25
Guaymaral	0.61	0.74	0.23	0.63	0.96
Kennedy	0.42	0.85	0.54	0.5	1.85
Las Ferias	0.58	0.87	0.36	0.67	1.38
MinAmbiente	0.56	0.82	0.36	0.63	1.29
Movil_7ma	0.6	0.94	0.37	0.67	1.5
Puente Aranda	0.65	0.89	0.29	0.7	1.26
San Cristóbal	0.54	0.74	0.33	0.6	1.11
Tunal	0.5	0.87	0.46	0.57	1.6
Usaquén	0.54	0.87	0.41	0.63	1.47

12.2. MODELO DE PRONÓSTICO DE CALIDAD DEL AIRE

A partir de los datos medidos en las estaciones de la RMCAB en la ciudad, se realizó una validación del modelo de pronóstico para los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ y CO en el mes de septiembre de 2020. Para el material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), se realizó el diagrama de Taylor para los promedios diarios, dado que éstos valores son los que se comparan con la normatividad actual. Con los ajustes a los

resultados producto del análisis del modelo con observaciones en meses anteriores, se estableció que, para PM_{10} , el modelo tiene una correlación de Pearson cercana a 0.80, adicionalmente, el modelo presenta un RMSE cercano a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Por otro lado, para $PM_{2.5}$ el modelo tiene una correlación con respecto a los datos observados de 0.70, con un RMSE de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dado que el material particulado es el contaminante más crítico en la ciudad, se muestran en la Tabla 14 los valores de sesgos (BIAS, definido como concentración modelada menos concentración observada), que muestra el comportamiento promedio de los sesgos del modelo para el mes de septiembre, por estación. De esta tabla se puede concluir que, para este mes, el modelo tendió a subestimar las concentraciones de material particulado hasta $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio para PM_{10} y hasta $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio para $PM_{2.5}$.

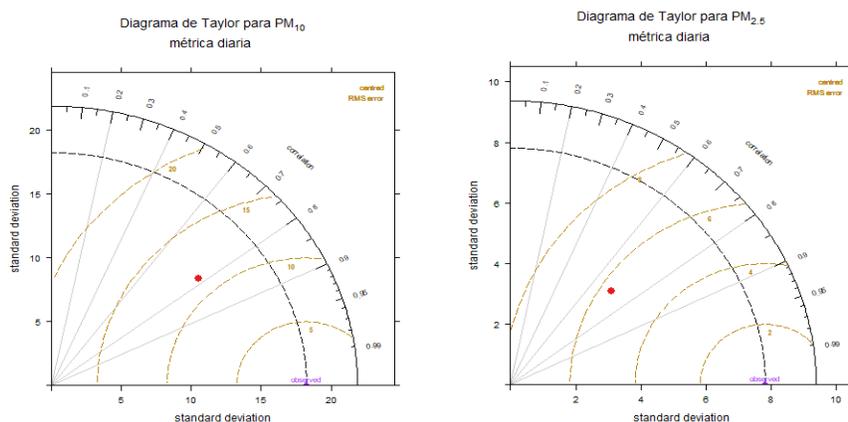


Figura 25. Diagramas de Taylor para material particulado, en métrica diaria. Septiembre 2020

En cuanto a los gases, el NO_2 es el que mejor se representa en métrica horaria por el modelo con un RMSE menor de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una correlación de Pearson cercana a 0.5; mientras que los demás gases muestran correlaciones entre 0.1 y 0.5.

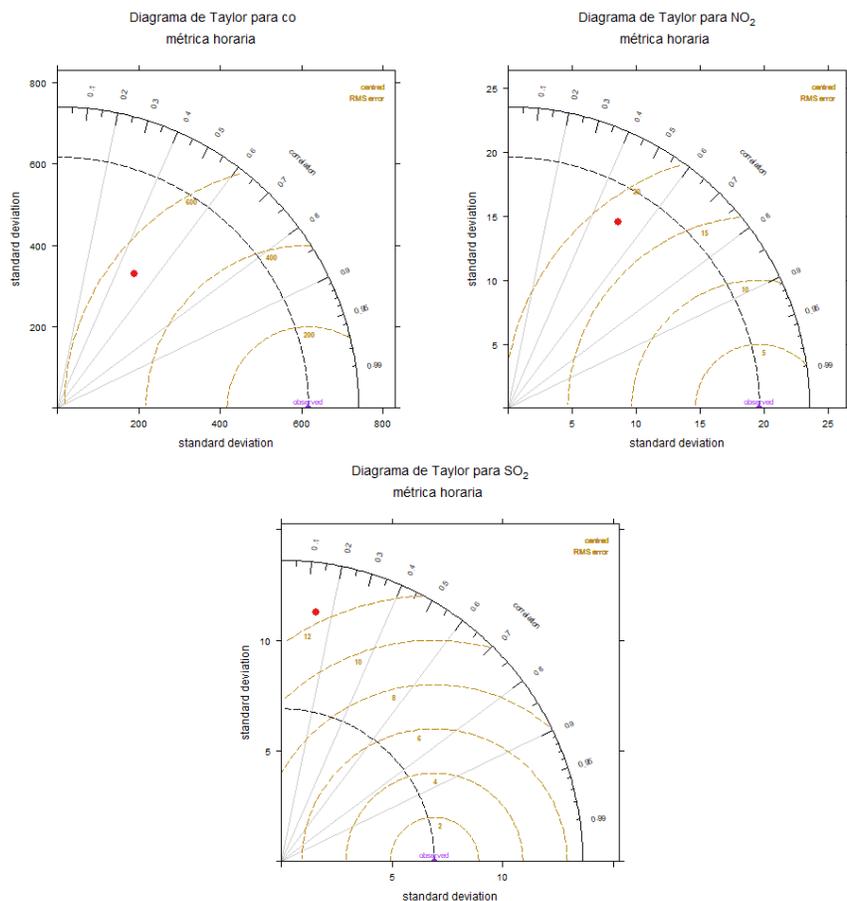


Figura 26. Diagramas de Taylor para distintos gases, en métrica horaria. Septiembre 2020

Tabla 14. Sesgos en los promedios diarios de material particulado determinados para septiembre 2020 por el modelo (IC 95%).

Estación	Sesgo Diario PM ₁₀	Sesgo Diario PM _{2,5}
Carvajal	-16 ± 20	-9 ± 6
CDAR	-6 ± 8	-6 ± 6
Fontibón	-9 ± 10	-4 ± 5
Guaymaral	-17 ± 8	-5 ± 5
Kennedy	-9 ± 13	-6 ± 5
Las Ferias	-3 ± 8	-4 ± 6
MinAmbiente	-5 ± 8	-4 ± 5

Estación	Sesgo Diario PM ₁₀	Sesgo Diario PM _{2.5}
Móvil 7ma	-6 ± 11	-6 ± 6
Puente Aranda	-4 ± 11	-8 ± 7
San Cristóbal	-5 ± 6	-2 ± 4
Suba	-2 ± 10	-4 ± 4
Tunal	-10 ± 10	-5 ± 5
Usaquén	No medido	-3 ± 4

13. AISLAMIENTO POR CONTINGENCIA DEL VIRUS COVID-19

Desde el día 19 de marzo de 2020, en la ciudad de Bogotá se establecieron medidas de aislamiento y confinamiento, con el fin de reducir la posibilidad del contagio del virus COVID-19. El Aislamiento Preventivo Obligatorio permaneció vigente en el territorio nacional hasta el 31 de agosto del 2020 mediante el Decreto 1076 del 28 de julio de 2020.

A partir del 1 de septiembre de 2020 entró en vigencia el Decreto Nacional No. 1168 del 25 de agosto de 2020, en el cual se finalizaba el Aislamiento Obligatorio en el país y se daba inicio al Aislamiento selectivo y Distanciamiento individual, en el que solamente se restringen las actividades y eventos que impliquen aglomeración de personas, y se mantienen las medidas de protección individuales. Con ello se retomó la mayoría de las actividades normales en Bogotá, y solamente hasta el 22 de septiembre se implementó nuevamente el pico y placa en la ciudad, ya que se estaba generando un aumento en el tráfico tras el retorno de la actividad de varios vehículos.

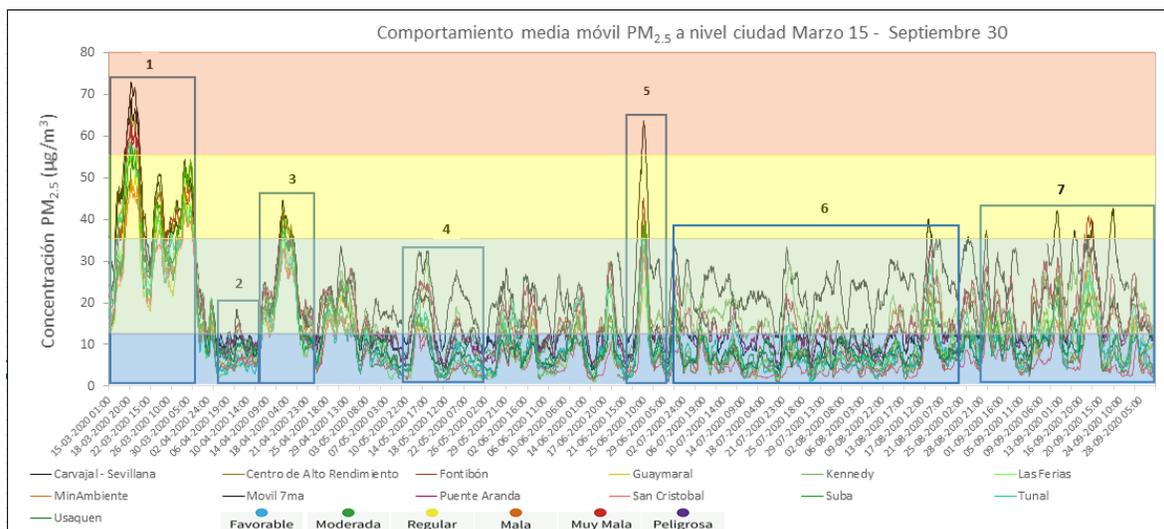
En la

Figura 27, se observan las concentraciones media móvil 24 horas de PM_{2.5} observadas durante el periodo comprendido entre marzo 15 y septiembre 30 de 2020. En esta gráfica se observan las variaciones de las concentraciones desde el final del periodo de alertas por contaminación, incluyendo el desarrollo de la cuarentena y las influencias de factores regionales de contaminación, y finalizando en septiembre con la reactivación de la mayoría de actividades en la ciudad.

Se observa que las concentraciones más altas durante el periodo de la cuarentena (marzo-agosto) fueron registradas a finales de junio por el transporte de arenas del Desierto del Sahara (alcanzando la condición “mala” en la estación Carvajal-Sevillana) y a finales de abril por influencia de incendios forestales en el oriente del país. El resto de los meses las concentraciones se mantuvieron en condiciones “moderada” y “favorable”, lo cual coincide con la reducción de la actividad de las fuentes de emisión, y desde el mes de

Página 37 de 42

septiembre con la reactivación se evidenciaron aumentos de las concentraciones principalmente en la zona suroccidental de la ciudad, registrando algunos picos en condición “regular”. Aunque en general durante la cuarentena se observaron buenas condiciones de calidad del aire, cabe resaltar que el comportamiento de los factores meteorológicos en el segundo y tercer trimestre del año influyó favorablemente en la dispersión de los contaminantes y por ende en la reducción de las concentraciones, en especial en el mes de junio.



- | | |
|--|---|
| 1. Periodo de alerta amarilla ciudad | 5. Influencia de arenas del Sahara |
| 2. Inicio cuarentena en Bogotá | 6. Cuarentena por localidades |
| 3. Aumento PM por incendios forestales | 7. Finalización del aislamiento obligatorio |
| 4. Influencia de incendios forestales en Venezuela | |

Figura 27. Concentraciones media móvil de PM_{2.5} por zona. Marzo - septiembre 2020

ANEXOS

A. Características de las estaciones de la RMCAB y métodos de referencia

Tabla 15. Estaciones de monitoreo y variables monitoreadas de la RMCAB

Característica	Carvajal-Sevillana	Centro de Alto Rendimiento	Fontibón	Guaymaral	Kennedy	Las Ferias	Min. Ambiente	Estación Móvil	Puente Aranda	San Cristóbal	Suba	Tunal	Usaquén	Bolívia
Ubicación														
Sigla	CSE	CDAR	FTB	GVR	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	BOL
Código	60303	120305	90314	110308	80309	100306	170302	20312	160313	40307	110311	30304	10301	100210
Latitud	4°35'44.22"N	4°39'30.48"N	4°40'41.67"N	4°47'1.52"N	4°37'30.18"N	4°41'26.52"N	4°37'31.75"N	4°38'32.75"N	4°37'54.36"N	4°34'21.19"N	4°45'40.49"N	4°34'34.41"N	4°42'37.26"N	4°44'9.12"N
Longitud	74°8'54.90"W	74°5'2.28"W	74°8'37.75"W	74°2'39.06"W	74°9'40.80"W	74°4'56.94"W	74°41'13"W	74°5'2.28"W	74°7'2.94"W	74°5'1.73"W	74°5'36.46"W	74°7'51.44"W	74°1'49.50"W	74°7'33.18"W
Altitud	2563 m	2577 m	2551 m	2580 m	2580 m	2552 m	2621 m	2583 m	2590 m	2688 m	2571 m	2589 m	2570 m	2574 m
Altura del suelo	3 m	0 m	11 m	0 m	3 m	0 m	15 m	0 m	10 m	0 m	6 m	0 m	10 m	0 m
Localidad	Kennedy	Barrios Unidos	Fontibón	Suba	Kennedy	Engativá	Santa Fe	Chapinero	Puente Aranda	San Cristóbal	Suba	Tunjuelito	Usaquén	Engativá
Dirección	Autopista Sur #63-40	Calle 63 #59A-06	Carrera 104 #20 C-31	Autopista Norte #205-59	Carrera 80 #40-55 sur	Avenida Calle #69Q-50	Calle 37 #8-40	Carrera 7 con calle 60	Calle 10 #65-28	Carrera 2 Este #12-78 sur	Carrera 111 #159A-61	Carrera 24 #49-86 sur	Carrera 7B Bis #132-11	Avenida Calle #121-98
Tipo de zona	Urbana	Urbana	Urbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Suburbana
Tipo de estación	Tráfico Industrial	De fondo	De tráfico	De fondo	De fondo	De tráfico	De tráfico	De tráfico	Industrial	De fondo	De fondo	De fondo	De fondo	De fondo
Localización toma muestra	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Zona Verde	Zona Verde	Azotea	Andén	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde
Altura punto de muestra	4.2 m	4.05 m	15 m	4.8 m	7.71 m	4.02 m	4.67 m	4 m	18.7 m	4.88 m	11.4 m	3.62 m	16.45 m	4.6 m
Altura del sensor de viento	13 m	10 m	17.4 m	10 m	10 m	10 m	19 m	12.3 m	20 m	10 m	10 m	10 m	19 m	10 m
Contaminantes														
PM ₁₀	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PM _{2.5}	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
O ₃	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NO ₂	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SO ₂	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Var. Meteorológicas														
V. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Precipitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
R. Solar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
H. Relativa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Presión Atm.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

La elaboración de informes de calidad del aire se realiza teniendo en cuenta uno de los componentes de la misionalidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, como autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, se tiene en cuenta lo establecido en la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 con respecto a la elaboración de los reportes del laboratorio, y teniendo en cuenta que los informes de calidad del aire de la RMCAB se elaboran con base en los procedimientos asociados a las funciones del Laboratorio Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente, los cuales se incluyen dentro de del proceso de apoyo de la SDA denominado "Metrología, Monitoreo y Modelación".

La obtención de los datos de concentraciones de contaminantes y de variables meteorológicas se realiza a través de los registros en tiempo real de los equipos de monitoreo y sensores meteorológicos, cuyo

funcionamiento y operatividad son verificados mediante la realización de mantenimientos preventivos y correctivos por parte del equipo de campo de la RMCAB, programados periódicamente mediante un software destinado para este fin. Adicionalmente se realizan periódicamente las calibraciones y verificaciones de los equipos de monitoreo, con el fin de garantizar que la medición de los equipos se realice de acuerdo a los estándares establecidos en los métodos de medición.

Los métodos de medición utilizados por los monitores de la RMCAB se encuentran descritos en la lista de métodos de referencia y equivalentes designados, publicada en diciembre de 2019¹. Los métodos de referencia se encuentran establecidos en el Título 40 del CFR (*Code of Federal Regulations*), los cuales están aprobados por la *Environmental Protection Agency* (EPA) de Estados Unidos. Para cada contaminante se encuentra definido un método de referencia específico, de acuerdo con el método equivalente por el cual funciona cada monitor, lo cual se encuentra establecido en los apéndices de la Parte 50 del Título 40 del CFR². (Tabla 16)

Tabla 16. Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	J
		EQPM-0404-151	
PM _{2.5}	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0308-170	L
		EQPM-1013-211	
O ₃	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQQA-0992-087	D
		EQQA-0193-091	
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
		RFNA-1194-099	
		RFNA-0118-249	
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088	C
		RFCA-0981-054	
		RFCA-1093-093	
		RFCA-0915-228	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

¹ United States Environmental Protection Agency. List of designated reference and equivalent methods. Diciembre 2019. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-08/documents/designated_reference_and-equivalent_methods.pdf

² 40 CFR Appendix Table A-1 to Subpart A of Part 53, Summary of Applicable Requirements for Reference and Equivalent Methods for Air Monitoring of Criteria Pollutants. https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-Table_A-1_to_subpart_A_of_part_53

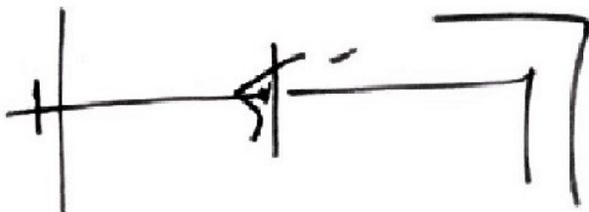
NOTA

El análisis realizado en el presente informe mensual corresponde a los datos recolectados por la Red de Monitoreo de Calidad el Aire de Bogotá – RMCAB durante el período comprendido entre el 1 y el 30 de septiembre de 2020, y adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con los ítems ensayados o calibrados.

Este informe fue elaborado con base en el modelo de los informes periódicos de la RMCAB establecido en el procedimiento interno PA10-PR04 Generación y Control de Informes de la RMCAB (v. 5.0). Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno PA10-PR05- Validación de datos de la RMCAB (v. 3.0). Adicionalmente, los procesos de monitoreo de contaminantes en la RMCAB se realizan bajo los siguientes procedimientos internos:

PA10-PR02 (v. 10.0)	Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá
PA10-PR06 (v. 6.0)	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de PM ₁₀ y PM _{2.5}
PA10-PR07 (v. 5.0)	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación de los analizadores de los gases NO _x , SO ₂ , CO y O ₃

FIN DEL INFORME



HUGO ENRIQUE SAENZ PULIDO
SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL

Elaboró:

DAISSY LIZETH ZAMBRANO
BOHORQUEZ

C.C: 1023908909 T.P: N/A

CONTRATO 20201607 DE 2020 FECHA EJECUCION: 29/10/2020

Revisó:

Página 41 de 42



SECRETARÍA DE AMBIENTE

LUIS ALVARO HERNANDEZ
GONZALEZ

C.C: 80164122

T.P: N/A

Contrato SDA-
CPS-20201256
de 2020

FECHA
EJECUCION:

29/10/2020

Aprobó:
Firmó:

HUGO ENRIQUE SAENZ PULIDO

C.C: 79876838

T.P: N/A

CPS: FUNCIONARIO
FECHA
EJECUCION:

30/10/2020